Rua General Gaspar Dutra, 1180 - Sala: 101
Estreito - Florianópolis - SC - CEP: 88075-100
Fone/Fax: (48) 3244-1812, (48) 3248-1955
imc@imc-soldagem.com.br www.imc-soldagem.com.br

MANUAL DE INSTRUÇÕES

1ª Edição 01 / 2002

MINITEC 200

Alta Tecnologia em Eletrônica de Potência com Transistores IGBT's e Controle Multiprocessado

Tecnologia:
Labsolda/UFSC
www.labsolda.ufsc.br
LABSOLDA

O OPERADOR DEVE LER O MANUAL DE INSTRUÇÕES ANTES DE UTILIZAR A FONTE DE SOLDAGEM PELA PRIMEIRA VEZ.

Compreendidas as funções de cada tecla e de cada variável de ajuste descritas, ele poderá se utilizar do diagrama menu (Anexo B) que se encontra no final deste manual, como auxílio durante a operação de soldagem.

SUMÁRIO

Autores:
Engº André Coelho da Silva
Engº Ricardo Nishioka Mori

Revisor:
Prof. Jair Carlos Dutra

1. FONTES DE ENERGIA PARA SOLDAGEM

1.1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a tecnologia da soldagem sofreu profundos avanços devido as crescentes exigências dos diferentes ramos industriais. Uma das bases para estes avanços foi o rápido progresso da eletrônica, que possibilitou uma vertiginosa transformação das fontes de energia para soldagem. Esta transformação está exigindo dos fabricantes um grande esforço para se manterem num mercado progressivamente mais competitivo.

No Brasil, é de se lamentar que as empresas fabricantes de equipamentos de soldagem deixem passar ao largo este surto desenvolvimentista e insistam com seus tradicionais equipamentos desenvolvidos nas décadas de 50 e 60.

Este manual apresenta, entretanto, uma fonte de energia para soldagem a arco com tecnologia atual, a qual não precisa pertencer somente às grandes potências econômicas. Este equipamento é a materialização de pensamentos, metas e ações de brasileiros que acreditam poder desenvolver no Brasil equipamentos de última geração.

1.2 EVOLUÇÃO DAS FONTES DE ENERGIA

Para a soldagem a arco voltaico com o processo MIG/MAG, devido à exigência de corrente contínua, o conversor rotativo foi a única fonte de energia disponível até a década de 60. No entanto, com o advento da eletrônica do estado sólido, surgiu então uma nova era para os equipamentos de soldagem. Mediante o uso de diodos retificadores, foi possível obter a transformação direta da corrente alternada para corrente contínua a baixo custo.

Entretanto, a princípio, mesmo com a utilização desses novos componentes eletrônicos, a energia do arco continuava a ser ajustada pelos meios tradicionais. Assim, era impossível o uso de corrente pulsada e quase inviável o uso dessas fontes com unidades robotizadas.

Foi a utilização de tiristores nas pontes retificadoras que tornou possível o comando eletrônico da energia entregue ao arco, inaugurando uma nova era das máquinas de soldagem, as quais se tornaram aptas para aceitar o comando das unidades dos robôs e a introdução de pulsos de energia para o controle da transferência metálica no processo MIG/MAG e da poça de fusão no TIG.

Entretanto, em pouco tempo, verificou-se que estas fontes tiristorizadas tinham grandes limitações para o trabalho em corrente pulsada. Uma dessas limitações era a impossibilidade de pulsar em freqüências continuamente ajustáveis na faixa de uso do processo MIG/MAG pulsado, que necessita de freqüências superiores a 30 Hz. Para estas fontes, a pulsação só poderia ocorrer sincronizadamente com múltiplos e submúltiplos da freqüência da rede. Esta restrição, associada com a forma do pulso, que é senoidal, eliminava a possibilidade de uma formulação matemática para a especificação das variáveis de soldagem. Outra restrição era a impossibilidade de ajuste eletrônico da dinâmica do equipamento em soldagem com transferência por curto-circuito, o que tinha de ser feito pela inserção ou retirada de indutores no circuito de soldagem. Porém, para o processo TIG, que

utiliza freqüências de pulsação bem mais baixas (0,1 a 5 Hz), as fontes tiristorizadas mostravam-se adequadas para soldagem com corrente contínua.

Um avanço nas fontes eletrônicas de soldagem ocorreu com a utilização do transistor como elemento controlador da potência nestes equipamentos. As primeiras fontes transistorizadas eram do tipo analógico (figura 1.1). Como os transistores operam na região linear, como em amplificadores de baixa potência, pode-se reproduzir qualquer tipo de sinal em sua saída, desde que sejam respeitados os limites máximos para o qual a fonte foi projetada. Sendo assim, pode-se obter correntes com formas de onda adequadas às características dinâmicas de qualquer processo de soldagem. Além disso, tais equipamentos de soldagem produzem uma saída de corrente ou de tensão sem flutuação em relação à referência desejada, já que o controle sobre o transistor é contínuo.

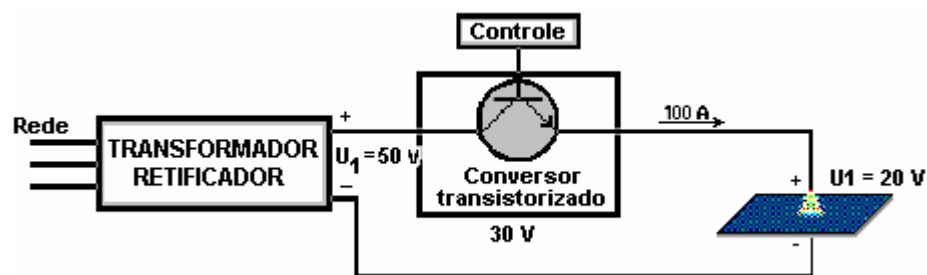



FIGURA 1.1 - DIAGRAMA DE UMA FONTE TRANSISTORIZADA ANALÓGICA.

A grande desvantagem apresentada pelas fontes transistorizadas analógicas é a perda de energia nos transistores, a qual pode atingir valores superiores a energia fornecida para a soldagem. Por exemplo, para uma tensão de arco de 20 V e uma corrente de 100 A, se o conjunto transformador-retificador estiver fornecendo uma tensão de 50 V, ter-se-ia uma queda de tensão sobre o transistor de 30 V. Isto equivaleria a dissipar a potência de 3000 VA no transistor, reduzindo o rendimento a apenas 40 %, já que a potência do arco seria de 2000 VA. Esta dissipação de energia sobre o transistor obrigaria sua refrigeração à água.

Para minimizar a dissipação de energia, desenvolveram-se as fontes chaveadas. Nelas, o transistor atua como uma chave controladora da variável de soldagem desejada, pela interrupção ou liberação do fluxo de corrente pelo transistor. O fundamento é controlar a energia do arco, não de forma contínua e analógica, como no caso anterior, mas de modo discreto, abrindo-se e fechando-se o transistor, de acordo com a diferença entre o nível real e de referência da variável controlada. A figura 1.2 ilustra o diagrama de uma fonte chaveada no secundário e as formas de onda obtidas em cada etapa do circuito.

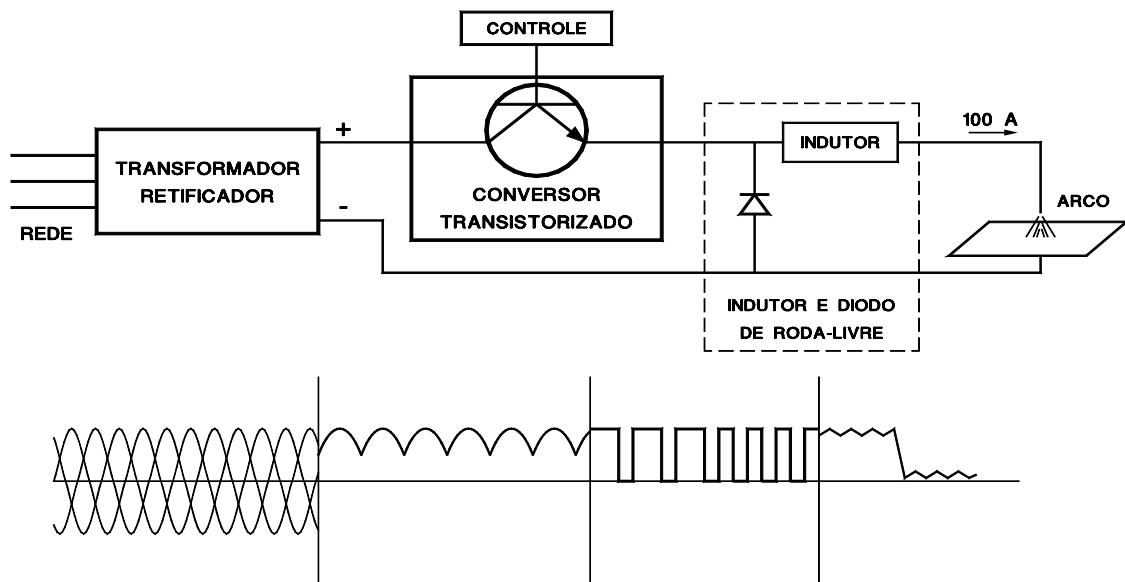



FIGURA 1.2 - DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE UMA FONTE CHAVEADA NO SECUNDÁRIO.

Através desta técnica de chaveamento, as perdas reduzem-se substancialmente já que, quando o transistor está aberto, a corrente que passa pelo mesmo seria teoricamente nula e, quando fechado, a tensão entre seus terminais seria nula. Em qualquer dos casos não haveria perdas. Entretanto, na prática, isso não acontece, porque, quando aberto, a tensão de saturação sobre os terminais provoca perdas em condução. Além disso, existem ainda as perdas devido à comutação dos transistores, as quais aumentam com a freqüência de operação dos mesmos.

Para a construção de uma fonte de energia transistorizada dispõe-se de três tipos de transistores: os bipolares, que apresentam baixa queda de tensão em condução, mas necessitam de uma elevada corrente de controle, que pode atingir 20% da corrente de soldagem, fazendo com que o circuito de controle se torne complicado e muito dissipativo. Os transistores denominados Mosfets, sendo comandados em tensão, praticamente não consomem energia no controle, pois a corrente necessária é desprezível. Contudo, estes transistores proporcionam uma elevada queda de tensão em condução, o que os torna mais dissipativos.

Para associar as boas características de cada um desses transistores, foram concebidos os transistores IGBT's (Insulated Gate Bipolar Transistors), que são comandados em tensão, como os Mosfets, mas possuem uma baixa queda de tensão em condução como os bipolares. O Laboratório de Soldagem e Mecatrônica da UFSC vem trabalhando desde 1990 com esta tecnologia, tendo obtido excelentes resultados com a utilização dos IGBT's nas fontes de soldagem que produz.

1.3 A FONTE MINITEC 200

O desenvolvimento da fonte de energia para soldagem multiprocesso **MINITEC 200**, teve o objetivo de reunir em uma fonte de tamanho reduzido, as características necessárias

para possibilitar sua utilização em vários processos de soldagem. Seu projeto foi desenvolvido por uma equipe de engenheiros do LABSOLDA / UFSC contando com a participação de vários técnicos e bolsistas.

Outra grande característica do equipamento é a facilidade oferecida pela interface homem-máquina. O operador não necessita procurar no painel nenhum potenciômetro para ajuste das variáveis. Estas aparecem em conjuntos seqüenciais em um "display", podendo ser selecionadas para ajuste mediante pressionamento nas teclas de membranas situadas acima ou abaixo do local onde as variáveis aparecem no referido "display".

A **MINITEC 200** é considerada um equipamento versátil, pois apresenta microcontroladores que possibilitam toda a operação da fonte através apenas de 'softwares'. Isto possibilita que, para cada tipo de aplicação, seja desenvolvido um programa especial. Outra grande vantagem é a facilidade de comunicação com outros sistemas automatizados, como robô, linhas de montagem etc.

Os principais motivos que levaram ao desenvolvimento deste equipamento foram:

– A inexistência de fabricantes, no Brasil, de fontes transistorizadas de energia para soldagem com as características citadas;

– A necessidade de desenvolver capacitação tecnológica;

– A necessidade de desenvolver procedimentos especiais (corrente pulsada, comando sinérgico, pulsado térmico);

O fundamento da fonte obedece, em princípio, a estrutura apresentada na figura 1.2. Além disso, foi introduzido um filtro, composto por uma indutância (Lf) e uma capacitância (Cf), para se obter um melhor fator de potência (aproximadamente 0,95). Assim sendo, o circuito esquemático da fonte ficou conforme a fig. 1.3.

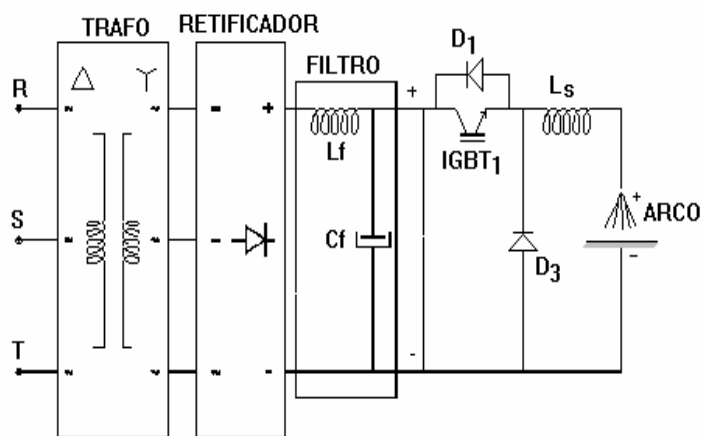



Figura 1.3 - Diagrama esquemático da Fonte MINITEC 200.

Os circuitos da **MINITEC 200** foram projetados para operar por meio de microcontrolador. Isto simplifica a operação e reduz a possibilidade de erros na escolha das variáveis e parâmetros de soldagem, como por exemplo, na definição de variáveis e parâmetros para o processo sinérgico.

Outra grande vantagem dos equipamentos microprocessados é a possibilidade de se armazenar as variáveis e parâmetros fornecidos durante a soldagem para posterior reutilização.

2. DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO

2.1 INTRODUÇÃO

A fonte de soldagem **MINITEC 200** foi desenvolvida com tecnologia inédita no Brasil para operar nas seguintes opções:

a) Processo MIG/MAG convencional;
b) Processo MIG/MAG convencional sinérgico;
c) Processo MIG/MAG pulsado com comando de corrente;
d) Processo MIG/MAG pulsado com comando misto;
e) Processo MIG/MAG pulsado sinérgico;
f) Processo MIG/MAG pulsado térmico (duplamente pulsado);
g) Processo MIG/MAG pulsado térmico (duplamente pulsado) sinérgico;
h) Processo TIG com corrente contínua constante ou pulsada;
i) Processo PLASMA com corrente contínua constante ou pulsada;
j) Processo Eletrodo Revestido com sistema de anticolagem.

A operação deste equipamento é realizada através do controle remoto microprocessado, por meio do qual são realizados a seleção dos processos e o ajuste das variáveis de forma simples e prática. Isto possibilita o ajuste das variáveis de soldagem a distâncias de várias dezenas de metros.

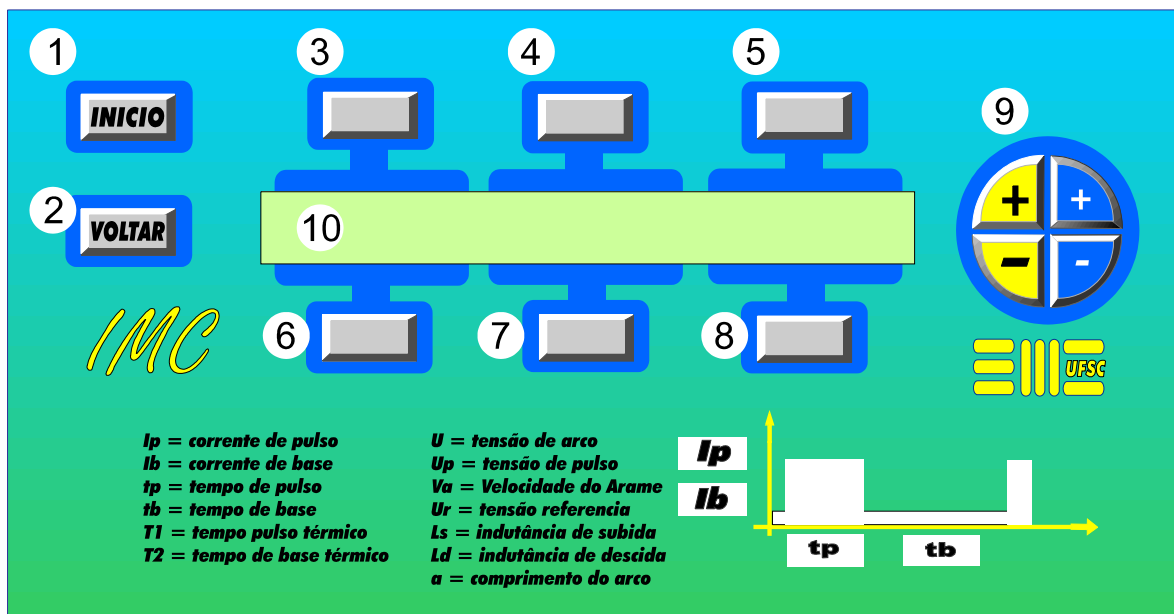
A **MINITEC 200** pode também ser comandada externamente por computador selecionando-se no painel do controle remoto a opção “**controle externo”** que aparece no “display”.

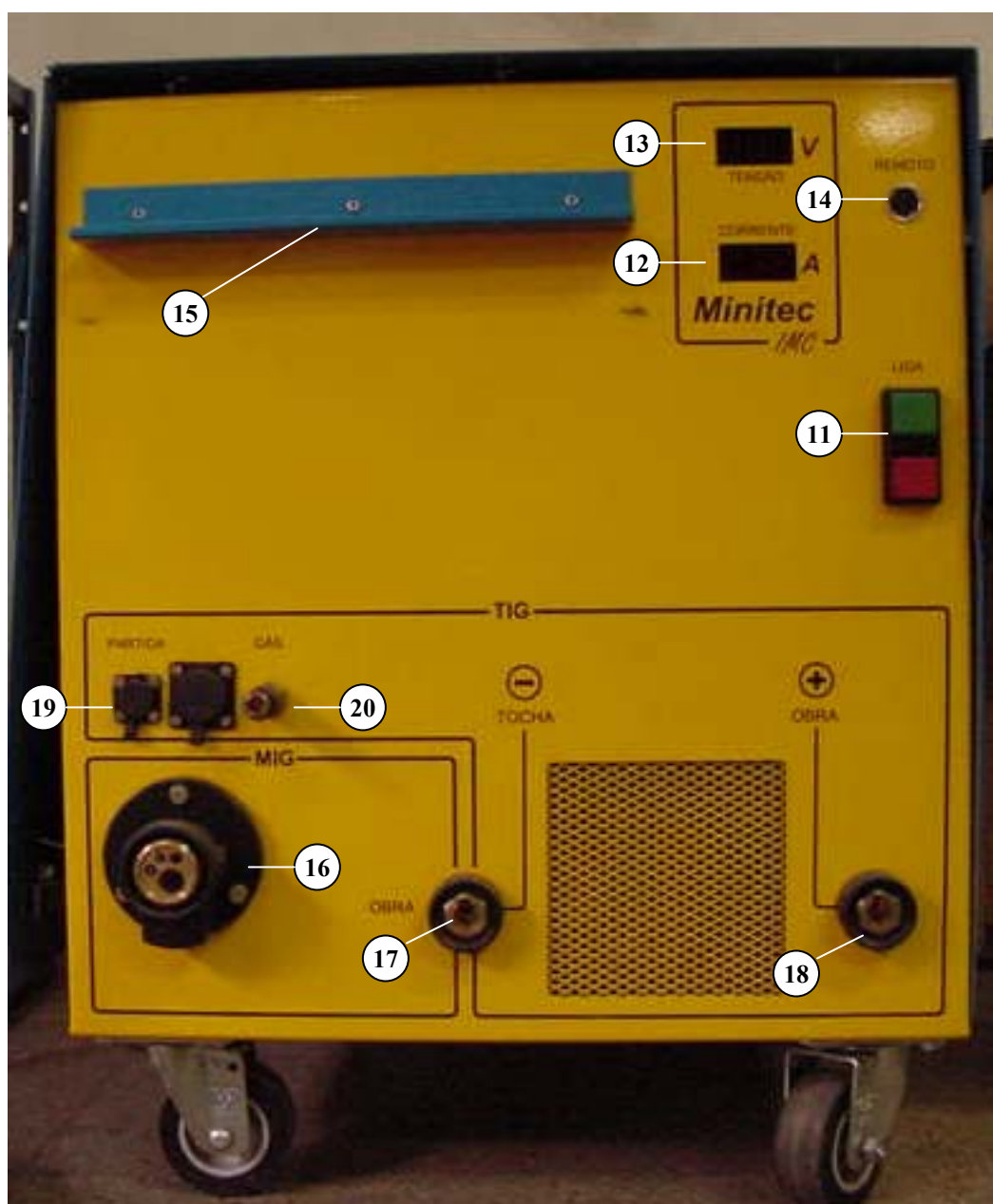
OBSERVAÇÃO: Embora a partida para operação do equipamento tenha que ser feita na botoeira LIGA/DESLIGA na parte frontal da fonte de soldagem, o desligamento por esta botoeira ***somente*** deve ser realizado ***em caso de emergência***. A maneira correta de proceder o desligamento do equipamento é pelo painel do controle remoto. Para tanto, o operador deve retornar ao menu inicial do programa de controle. Isto pode ser feito pelo pressionamento consecutivo da tecla “**VOLTAR**” ou diretamente na tecla “**INICIO**”. Neste menu inicial aparecerá uma tecla com a função “**DESLIGAR**”, a qual, uma vez pressionada, conduzirá ao desligamento.

2.2 DADOS TÉCNICOS DO EQUIPAMENTO

Tensão de alimentação	**220, 380 ou 440 V Trifásica**	
Tensão em vazio	**68 V**	
Corrente	**Contínua (Constante ou pulsada)**	
	TIG	**MIG**
Corrente a 100% de fator de carga	**140 A**	**130A**
Corrente a 75 % de fator de carga	**150 A**	**140 A**
Corrente a 50 % de fator de carga	**175 A**	**150 A**
Corrente a 25 % de fator de carga	**200 A**	**180 A**
Potência máxima fornecida	**4 kVA**	
Corrente de alimentação máxima	**10,50 A (220 V), 6,08A (380 V) ou 5,25 A (440 V)**	
Fator de potência	**0,95**	
Faixa de corrente	**5 a 450 A**	
Dimensões	**480 x 600 x 600 mm**	
Peso	**80 kg**	

3. DESCRIÇÃO DOS PAINÉIS

3.1 PAINEL DO CONTROLE REMOTO DA MINITEC 200

1 - **Inicio** volta ao menu inicial da fonte de soldagem
2 - **Voltar** retrocede ao menu anterior
3, **4**, **5** - Teclas superiores do “display” para a seleção dos processos e variáveis de soldagem
6, **7**, **8** - Teclas inferiores do “display” para a seleção dos processos e variáveis de soldagem
9 - Teclas de incremento e decremento para o ajuste fino e grosseiro das variáveis de soldagem
10 - “Display” do controle remoto

3.2 *PAINEL FRONTAL DA MINITEC 200*

11 – Botoeira liga/desliga

12 – "Display" indicador de **corrente** média

13 – "Display" indicador de **tensão** média

14 – Conector do painel remoto

15 – Local para fixação do painel do controle remoto

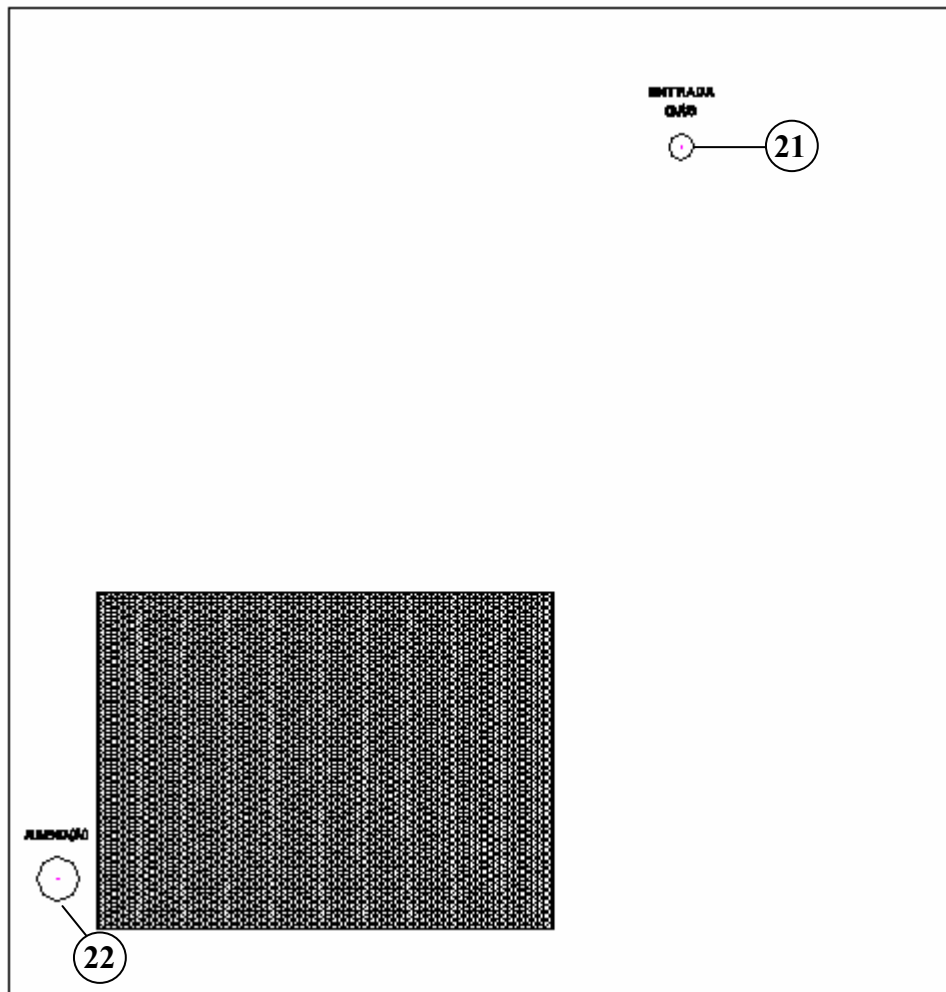
16 – Conector da pistola

17 – Conector obra MIG / tocha TIG

18 – Conector obra TIG

19 – Conector partida tocha TIG

20 – Conector de gás TIG

3.3 PAINEL TRASEIRO DA MINITEC 200

21 – Entrada de gás

22 – Alimentação

4. INSTALAÇÃO

4.1 ELÉTRICA

A fonte de soldagem MINITEC 200 foi projetada para operar em 220, 380 ou 440 V (trifásico). Para adequar a tensão de alimentação, deve-se abrir a tampa lateral direita (estando o operador de frente para o painel frontal) e modificar as conexões no quadro de ligações existente no nível inferior da máquina, conforme o esquema de ligação apresentado na figura 4.1, que também se encontra afixado na parte interna da tampa lateral direita. Apenas estas ligações devem ser alteradas! As demais, como as conexões elétricas dos ventiladores, válvulas de gás, transformador de comando, foram feitas de tal forma que não precisam ser modificadas. Compatibilizada a alimentação da máquina com a rede local, pode-se conectá-la ao quadro de fusíveis, observando-se que o fio azul é o terra.

Os fusíveis instalados no quadro devem estar de acordo com a tensão da rede, conforme os valores da tabela 4.1. Estes valores foram obtidos considerando uma potência nominal de 4 kVA (a um fator de potência médio de 0,95). Devem ser utilizados fusíveis rápidos.

REDE	CORRENTE
220 V	15 A
380 V	10 A
440 V	8 A

Tabela 4.1 – Corrente para determinação dos fusíveis do quadro de alimentação da MINITEC 200.

Para a proteção de alguns circuitos e elementos, existem duas placas de fusíveis, uma na parte inferior e outra na superior do equipamento. A tabela 4.2 apresenta esta relação de fusíveis.

Para auxiliar um diagnóstico de possíveis falhas no equipamento existem “Leds”, tanto na placa de controle, como na placa de comando do IGBT, os quais são descritos na tabela 4.3.

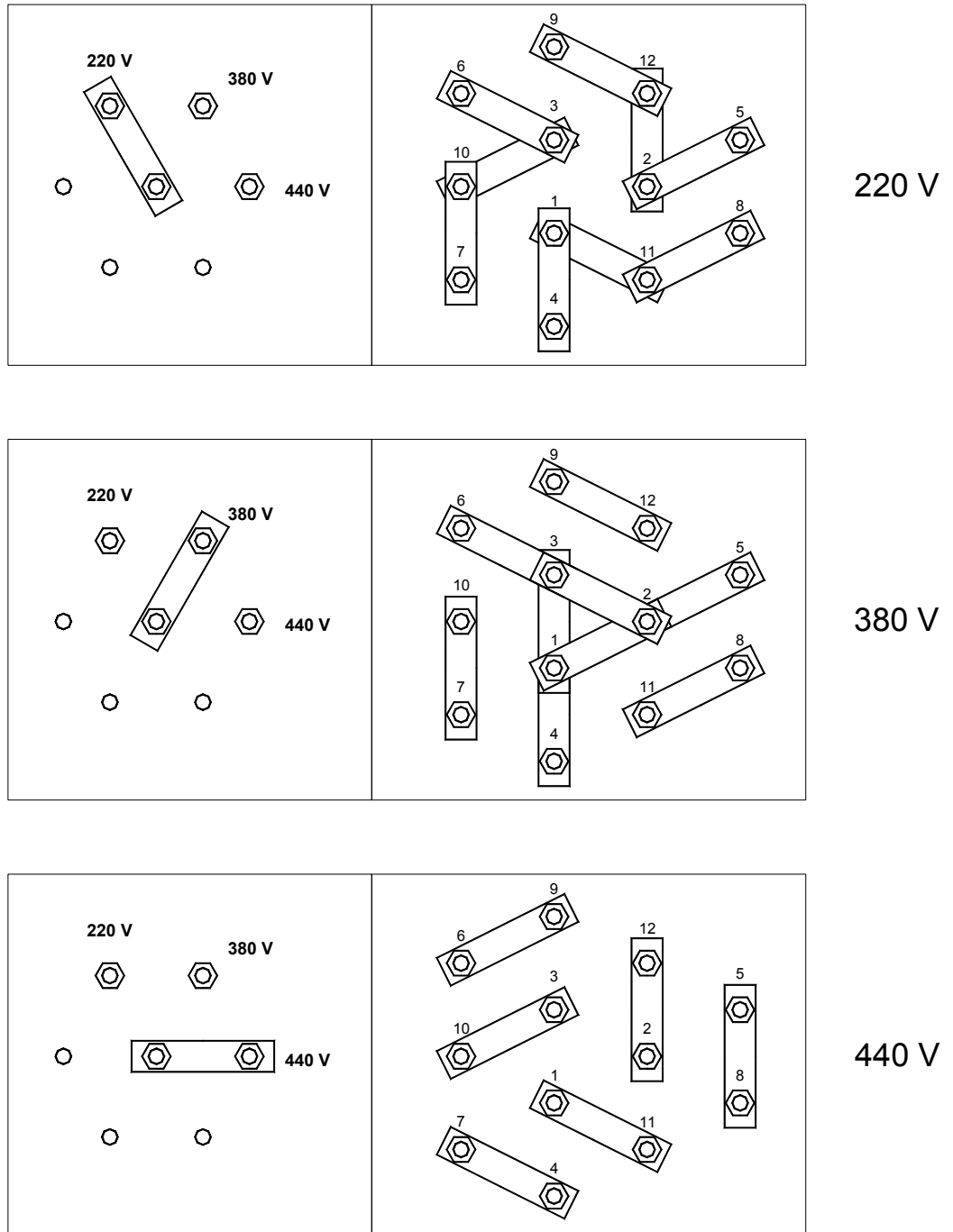



FIGURA 4.1 – ESQUEMA DE LIGAÇÃO PARA AS TRÊS TENSÕES DE ALIMENTAÇÃO.

LISTA DE FUSÍVEIS DA PARTE INFERIOR		
Fusível	**Corrente (A)**	**Descrição**
FU1	1.0	VENTILADOR
FU2	1.0	VÁLVULA DE GÁS
FU3	NU	NÃO USADO
FU4	5.0	ALIMENTAÇÃO CIRCUITOS ELETRÔNICOS E CABEÇOTE
LISTA DE FUSÍVEIS DA PARTE SUPERIOR		
Fusível	**Corrente (A)**	**Descrição**
FU1	0.25	ISOLAMENTO DISPARO
FU2	3.0	TRACIONADOR
FU3	1.0	CONTATORA / COMANDO DE GATE
LISTA DE FUSÍVEIS DA PLACA BASE		
FUS1	1.0	FONTE ALIMENTAÇÃO ± 18 V, ± 12 V, - 5 V
FUS2	1.0	FONTE ALIMENTAÇÃO ± 18 V, ± 12 V, - 5 V
FUS3	2.0	FONTE ALIMENTAÇÃO 5 V
FUS4	0.4	ALIMENTAÇÃO ISOLADOR DE TENSÃO
FUS5	0.4	ALIMENTAÇÃO ISOLADOR DE TENSÃO

Tabelas 4.2 – Lista de fusíveis.

LISTA DE LED'S DA PLACA DE CONTROLE	
Led	**Descrição**
D17	-12 V DO ISOLADOR DE TENSÃO
D18	+18 V SENSOR HALL E CIRCUITO CONTROLE
D19	-12 V CPU
D20	-5 V DISPLAY E CIRCUITO DE CONTROLE
D21	+12 V ISOLADOR DE TENSÃO
D22	-18 V SENSOR HALL E CIRCUITO DE CONTROLE
D23	+ 5 V CPU, DISPLAY E CIRCUITO DE CONTROLE
D24	+12 V CPU
LISTA DE LED'S DA PLACA DE COMANDO DO IGBT	
Led	**Descrição**
LED1	-15 V
LED2	+15 V
LED3	PROTEÇÃO DE SOBRE CORRENTE NO IGBT

Tabelas 4.3 – "Leds" internos da fonte.

Existe, no painel traseiro da máquina, uma entrada para gás (item 3.3, indicação 21). Este é utilizado nos processos MIG/MAG e TIG e tem por função proteger a poça metálica, estabilizar o arco voltaico e/ou ainda atuar ativamente no processo de soldagem (conforme for o processo).

A máquina comanda a abertura e o fechamento da vazão de gás de soldagem através de uma válvula solenóide (normalmente fechada) acionada eletronicamente. Se o processo selecionado não precisar de gás de proteção proveniente de cilindro (como na soldagem com eletrodo revestido), a válvula estará automaticamente fechada.

4.2.1 Ajuste da vazão de gás

O correto ajuste da vazão de gás é de suma importância nos processos onde existe o fluxo de gás de proteção. A vazão de gás influencia diretamente na qualidade da solda.

Se o circuito de gás dentro da máquina e na pistola oferecer uma perda de carga muito grande, isto influenciará a pressão de saída da válvula e o fluxômetro indicará vazões falsas. Pode ocorrer também que nessas válvulas controladoras, a indicação do manômetro de baixa pressão esteja com escala de vazão, em "l/min", e aqui vale as mesmas observações sobre possíveis erros.

A forma mais correta de realizar o ajuste é medindo a vazão do gás no bocal da tocha de soldagem. Isto evita os erros de medição ocasionados pela perda de carga nas mangueiras de alimentação. O dispositivo utilizado para essa medição é o rotâmetro. Ele é constituído de um tubo transparente graduado e um flutuador. O gás passa através do tubo e faz com que o flutuador indique a vazão na escala.

A figura 4.2 mostra como realizar a medição. O bocal da tocha deve estar na posição vertical e o rotâmetro bem encostado. Para que o gás seja liberado, pressiona-se a tecla **início**, a tecla correspondente a **"configurar"** no "display", depois **"gás"** e na seqüência habilitar o processo correspondente, "**TIG**" / "**MIG**". Então se deve ajustar a válvula reguladora do cilindro de gás para obter a vazão desejada. Para cessar o fluxo de gás pressiona-se a tecla "**Voltar**".

FIGURA 4.2 – MEDIÇÃO DA VAZÃO DE GÁS JUNTO À TOCHA.

É no mesmo “menu” do teste gás onde se pode ajustar os tempos de pré-gás (PreG) e pós-gás (PosG). Os ajustes destes valores são realizados pressionando-se a tecla correspondente à variável e em seguida uma das teclas de incremento (+) e decremento (-). As teclas incremental e decremental, situadas no extremo direito do teclado remoto têm resolução de décimos de l/min e as contíguas à esquerda têm resolução unitária.

5. OPERAÇÃO COMO FONTE MIG/MAG

5.1 INTRODUÇÃO

A soldagem MIG/MAG usa o fluxo de calor de um arco elétrico entre um eletrodo nu, alimentado de maneira contínua, e o metal de base. O calor funde a ponta do eletrodo e a superfície do metal de base para formar a poça de fusão. A proteção do arco e da poça metálica vem inteiramente de um gás alimentado externamente, que pode ser inerte (normalmente argônio) — MIG, ou ativo (no caso o CO_2) — MAG, ou ainda uma mistura destes — MAG. Em alguns casos usa-se pequenos percentuais de O_2 (1 a 2 %) misturados com o argônio para a soldagem de aços inoxidáveis.

As maiores vantagens do processo MIG/MAG são a alta taxa de deposição, a baixa liberação de fumos relativamente ao eletrodo revestido, e a ampla faixa de espessuras e posições que se pode soldar.

É usada no processo MIG/MAG corrente contínua em polaridade inversa, isto é, com o eletrodo ligado ao pólo positivo (+). A troca da polaridade é realizada através da mudança dos cabos de força, nas conexões (16 e 17) do painel frontal da fonte.

5.2 COLOCANDO A FONTE EM OPERAÇÃO

Para adaptar a fonte de soldagem para o processo MIG/MAG, os seguintes passos devem ser seguidos:

1- Verificar se o cabo de alimentação da fonte (22) está conectado à caixa de fusíveis existente nas proximidades do local de soldagem antes de LIGAR a fonte (11). A capacidade dos fusíveis deve estar de acordo com a tabela 4.1;

2- Conectar os elementos listados a seguir:

- mangueira de gás vinda do cilindro a ser utilizado na soldagem (21);
- partida (19);
- conexão da pistola (+) (16);

3- Conectar a obra (-) (17) à mesa de soldagem ou à própria peça;

4- Ligar a máquina, pressionando por alguns segundos o botão verde da botoeira (11), localizada no painel frontal, até que apareça no painel do controle remoto o menu de inicialização com os seguintes dizeres no “display” “**MINITEC 2002 IMC/LABSOLDA - UFSC**”. Não aparecendo esta mensagem, solte o botão verde, pressione o botão vermelho por alguns segundos até perceber que a máquina desligou. Espere alguns segundos e volte a repetir o procedimento;

5- Colocar o rolo de arame-eletrodo a ser utilizado, situado no compartimento da lateral esquerda da fonte (olhando a fonte de frente) no suporte do alimentador. Em seguida introduzir o arame por entre os rolos tracionadores e os orifícios existentes.

6- Abrir o gás de soldagem no cilindro e ajustar a vazão desejada;

Adotar o procedimento de medição explicado no item 4.2.1 para o ajuste da vazão. Os rotâmetros utilizados para esse procedimento são geralmente baratos e são calibrados para funcionar à pressão atmosférica, evitando assim, erros devido à pressão ajustada.

7- Selecionar o modo de comando do operador, que pode ser por dois toques ou quatro toques. Esta seleção é realizada no “display” do painel do controle remoto, pressionando-se a tecla correspondente a “**configurar**” e após, a tecla **“toques”,** escolhendo entre “**2**” (dois toques) ou “**4**” (quatro toques) conforme se desejar. No sistema de dois toques, o soldador pressiona o gatilho, mantendo-o pressionado durante a soldagem, e o solta para o final da soldagem. No sistema de quatro toques, ao se pressionar e soltar o gatilho, tem-se o inicio da soldagem, devendo-se repetir essa ação para finalizar o processo. Para o processo de soldagem pulsado térmico o sistema de quatro toques funciona da seguinte maneira: botão pressionado (fase de início), botão solto (fase de pulsação) e novamente botão pressionado (fase de término), soltando o botão para o final da soldagem;

8- Pode-se optar entre fazer o ajuste das variáveis no próprio painel (local) ou através de um microcomputador (remoto). Para isso, pressiona-se a tecla “**configurar**” e escolhe-se entre as teclas correspondentes a "**modo remoto**" ou **“modo local”** no “display”;

9- Ainda dentro da função “configurar” pode-se escolher a opção “**padrão**” que carrega os valores padrão de fábrica e a opção “**contadores**” em que são mostrados o tempo soldando e o tempo de uso desde a aquisição da máquina.

10- Selecionar o processo de soldagem MIG/MAG, pressionando a tecla “**MIG**” no painel do controle remoto. Aparecerão em seguida três opções:

- **MIG pulsado**;
- **MIG convencional**;
- **Produção**;

Selecionando a tecla correspondente à “**Produção**” surgirão no “display” as seguintes variáveis: “**t_aa**” (tempo de arco aberto), “**t_to**” (tempo total), “**P_aa**” (produção em arco aberto), “**P_to**” (produção total), “**mt**” (metros de arame consumido) e a opção “→” para mostrar o próximo display que contém a variável “**DLin**” (densidade linear) e a opção “**ZERAR**”.

Em caso de arames maciços ou arames tubulares sem fluxo a densidade linear “DLin”, que deve ser ajustada pressionando a tecla correspondente à variável e em seguida a tecla de incremento e decremento (+ e -), situada ao lado direito do painel do controle remoto, retrata a quantidade de material fundido a partir do eletrodo, a qual difere da quantidade de material depositado apenas pelas perdas por salpicagem ou sublimação metálica. Entretanto, se os arames contiverem fluxos, deve-se atentar bem para a interpretação dos dados obtidos a partir da informação “DLin".

Para iniciar o processo desejado deve-se optar entre MIG convencional ou MIG pulsado, selecionando a tecla correspondente no display. Cada uma das opções é descrita nos itens a seguir.

5.3 AJUSTE DAS VARIÁVEIS DE SOLDAGEM - MIG/MAG

Para a seleção e ajuste das variáveis de soldagem, recomenda-se que o operador tenha noções básicas de soldagem a arco. O presente manual assume que o operador já detém tais conhecimentos. A literatura de soldagem deve ser consultada para maiores esclarecimentos. Para isto, uma bibliografia foi incluída no final deste manual. Ainda em anexo (anexo A) têm-se algumas tabelas com variáveis referentes à soldagem MIG/MAG convencional, pulsada e mista.

5.3.1 MIG/MAG CONVENCIONAL

O processo MIG/MAG convencional é a opção em que a fonte de energia é do tipo tensão constante. O soldador/operador deve ajustar no equipamento uma tensão de referência e uma velocidade de alimentação de arame-eletrodo. Às vezes, os equipamentos também possuem um ajuste de dinâmica, ajuste este também chamado de indutância.

Este modo de operação é relativamente fácil de ser conduzido, pois o número de variáveis é muito pequeno. Fundamentalmente, a tensão de referência deve ser ajustada em valores na faixa de 15 a 32 V e em dependência da velocidade do arame-eletrodo, sendo esta última, a principal determinante da corrente de soldagem resultante. Assim, pode-se dizer que a corrente é uma variável dependente da velocidade do arame-eletrodo. Diz-se também que existe um auto-ajustamento da corrente em função das circunstâncias do processo, como, por exemplo, alteração da distância da pistola de soldagem até a peça.

Para ajustar o equipamento **MINITEC 200** no modo MIG/MAG convencional, procede-se da seguinte forma:

1-. No painel do controle remoto, estando no menu inicial, pressiona-se a tecla correspondente ao processo "**MIG**";

2-. Pressionar a tecla correspondente a "**MIG convencional**";

3-. Selecionar o número de fases desejado conforme a necessidade, pressionando a tecla "**fases:**" do "display". Caso a soldagem seja realizada com a mesma configuração do início ao fim deve-se optar por apenas uma fase. Porém, sendo necessário que o procedimento de soldagem seja alterado em três trechos, pode-se optar por alterar as variáveis em três fases: início, soldagem e fim.

4-. Escolher a opção "**normal**" ou "**sinérgico**";

a) MIG convencional normal

Caso a opção selecionada for a normal surgirão no “display”: “**variáveis**”, “**hab. solda**” e “**salvar**”. Ao pressionar a tecla correspondente a “**variáveis**”, no caso da soldagem em uma fase, serão mostrados os parâmetros: “**Ur**” (tensão de referência), “**Ks**” (indutância de subida), “**Kd**” (indutância de descida) e “**Va**” (velocidade de mergulho do arame). Para a soldagem em três fases, surgirão no “display”: “**início**”, “**soldagem**” e “**fim**”, sendo que cada uma das fases conterá as variáveis citadas anteriormente.

O efeito da indutância é importante na soldagem MIG/MAG por curto-circuito, influenciando diretamente na formação de salpicos e na estabilidade do arco voltaico. As figuras 5.1a, 5.1b, 5.2a e 5.2b mostram oscilogramas (U) x (t) e (I) x (t) para uma Uref.=19 V, com eletrodo ER70S-6 de 1,0 mm, gás Ar + 8% CO_2, Vs = 40 cm/min e dois diferentes conjuntos de indutâncias;

Os ajustes dos valores destas variáveis são realizados pressionando-se a tecla correspondente à variável e em seguida a tecla de incremento e decremento (+ e -), situada ao lado direito do painel do controle remoto. Feito isto, pressiona-se a tecla **Voltar** e após, “**hab. solda**”. Assim, surgirá no “display” a informação “**Aguardando disparo...**”.

Para iniciar a soldagem em uma fase basta pressionar o botão da tocha. Nesse instante aparecerão no “display” os valores selecionados para as variáveis de soldagem (**Ur**), (**Ks**), (**Kd**) e (**Va)**. Para ajustar os valores durante a soldagem, tem-se que pressionar a tecla correspondente à variável e utilizar as teclas de incremento e decremento;

Para o início do processo de 3 fases deve-se pressionar o botão da tocha, surgindo no “display”: “**Iniciando processo...**” e em seguida “**fase inicial...**” e mantê-lo pressionado até onde se deseja realizar a soldagem com a configuração inicial. Ao soltar o botão inicia a configuração correspondente a fase “**soldagem**”, surgindo no “display” os valores selecionados para as variáveis de soldagem (**Ur**), (**Ks**), (**Kd**) e (**Va)**. Para ajustar os valores durante a soldagem, tem-se que pressionar a tecla correspondente à variável e utilizar as teclas de incremento e decremento. Ao pressionar novamente o botão da tocha, surgirá no “display”: “**fase final...**”, e este deverá ser mantido pressionado até o momento em que se deseja finalizar a soldagem, quando será mostrado no “display”: “**desabilitando o processo...**”.

Obs. - Somente é possível ajustar os valores das variáveis de soldagem na fase “**soldagem**”, não sendo possível ajuste dos mesmos nas fases “**início**” e “**fim**”.

Pressionar a tecla **Voltar** para desabilitar a solda;

b) MIG convencional sinérgico

Optando-se pela soldagem convencional sinérgico, surgirão no “display” o tipo de material do eletrodo e seu diâmetro e **“confirma”**. Para se escolher qual o tipo de material e respectivo diâmetro pressiona-se a tecla de incremento e decremento (+ e -), situada ao lado direito do painel do controle remoto. Para confirmar o eletrodo pressiona-se então **“confirma”**;

Após essa confirmação, para o caso de soldagem em uma fase, aparecerão no “display” as variáveis: “**Im**” (corrente média), “**a**” (altura de arco), “**hab. solda**” e “**salvar**”. Para a soldagem em três fases, surgirão no “display”: “**início/fim**”, “**soldagem**”, “**hab. solda**” e “**salvar**”. Selecionado a tecla correspondente a “**inicio/fim**”, surgirão no “display”: **“Im_i”**

(corrente média inicial), **"Im_f"** (corrente média final), "**a_i**" (altura de arco inicial), "**a_f**" (altura de arco final). Pressionando a tecla relativa a "**soldagem**", surgirão no "display": "**Im**" (corrente média) e "**a**" (altura de arco).

Os ajustes destes valores são realizados pressionando-se a tecla correspondente à variável e em seguida a tecla de incremento ou decremento, situada ao lado direito do painel do controle remoto. Feito isto, pressiona-se a tecla **Voltar** e após, "**hab. solda**". Assim, surgirá no "display" a informação "**Aguardando disparo...**".

Para iniciar a soldagem em uma fase basta pressionar o botão da tocha. Nesse instante aparecerão no "display" os valores selecionados para as variáveis de soldagem (**Im**) e (**a**). Para ajustar os valores durante a soldagem, tem-se que pressionar a tecla correspondente à variável e utilizar as teclas de incremento e decremento;

Para o início do processo de 3 fases deve-se pressionar o botão da tocha, surgindo no "display": "**Iniciando processo...**" e em seguida "**fase inicial...**" e mantê-lo pressionado até onde se deseja realizar a soldagem com a configuração inicial. Ao soltar o botão inicia a configuração correspondente a fase "**soldagem**", surgindo no "display" os valores selecionados para as variáveis de soldagem (**Im**) e (**a**). Para ajustar os valores durante a soldagem, tem-se que pressionar a tecla correspondente à variável e utilizar as teclas de incremento e decremento. Ao pressionar novamente o botão da tocha, surgirá no "display": "**fase final...**", e este deverá ser mantido pressionado até o momento em que se deseja finalizar a soldagem, quando será mostrado no "display": "**desabilitando o processo...**".

Obs. - Somente é possível ajustar os valores das variáveis de soldagem na fase "**soldagem**", não sendo possível ajuste dos mesmos nas fases "**início**" e "**fim**".

Pressionar a tecla **Voltar** para desabilitar a solda;

OBSERVAÇÕES:

- A fonte de soldagem **MINITEC 200** foi projetada para indicar nos "displays" de **TENSÃO** (13) e **CORRENTE** (12), localizados no painel frontal, os ***Valores médios*** de tensão e corrente, respectivamente. O operador deve estar ciente disto para que proceda ao ajuste das variáveis de forma adequada;

- Alguns cuidados devem ser tomados quanto ao alimentador de arame:
  - Ao se introduzir o eletrodo no conduíte, caso este seja de teflon, recomenda-se que seja feito um arredondamento na ponta do eletrodo após o corte, para se evitar possíveis obstruções por cavacos arrancados da parede do conduíte. Para conduítes de aço não ocorre este problema. Para eletrodos de alumínio e arames tubulares de parede fina, recomenda-se que o conduíte seja de teflon;
  - No uso de arames tubulares, recomenda-se que os roletes de tracionamento do arame sejam em "V" ranhurados. Para arames eletrodos maciços de alumínio, os roletes devem ser de entalhe em "U". Para os demais arames maciços de aço, usam-se roletes em "V" sem ranhura;
  - Os roletes usuais são para eletrodos de diâmetro na faixa de 0,8 até 1,6 mm, porém pode-se utilizar eletrodos de até 2,4 mm.

A seguir têm-se alguns exemplos de oscilogramas de soldagens MIG convencional:

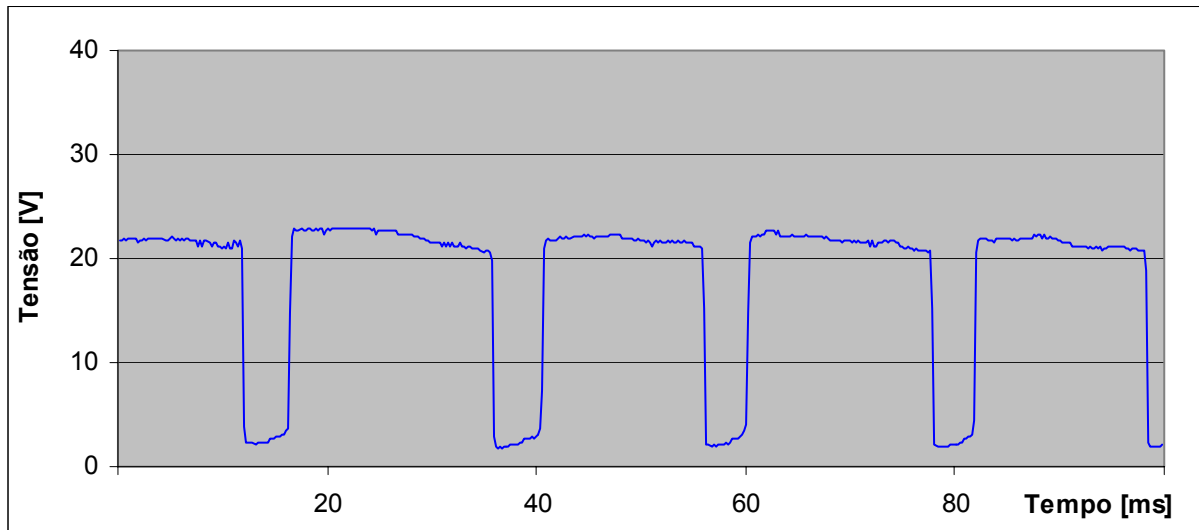
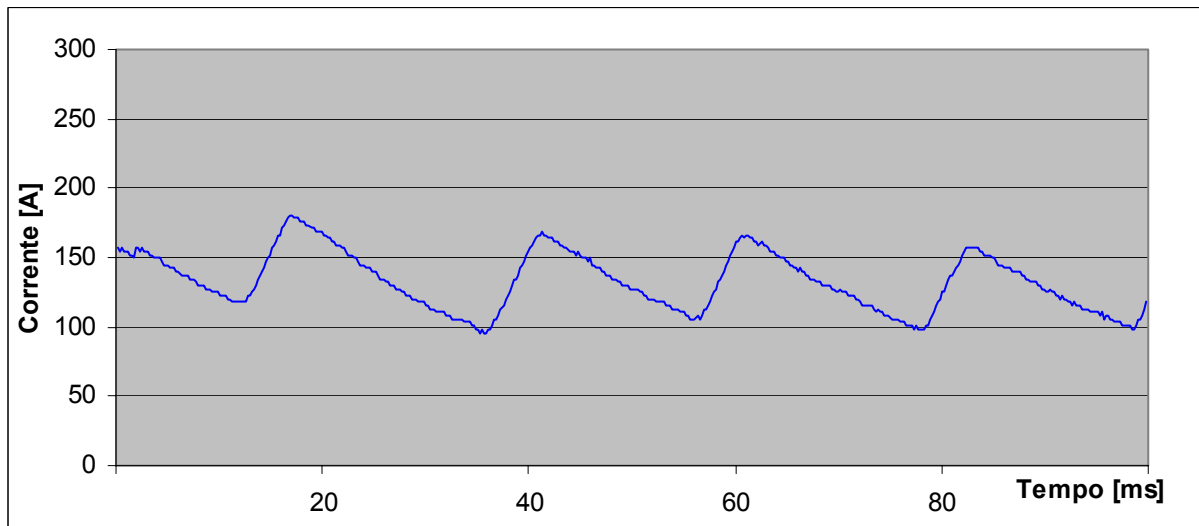



FIGURA 5.1 – OSCILOGRAMAS U [V] X T [MS] E I [A] X T [MS] PARA KS =5; KD =5; VA =4,0 M/MIN; UREF.=19V; ELETRODO ER70S-6 DE 1,0 MM; GÁS AR + 8% CO_2; VS = 40 CM/MIN.

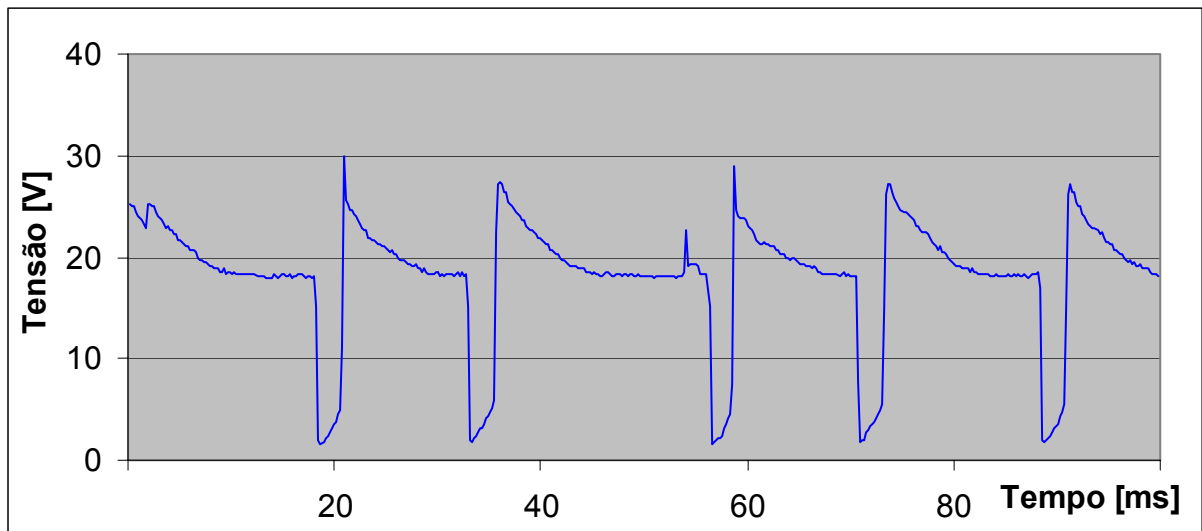
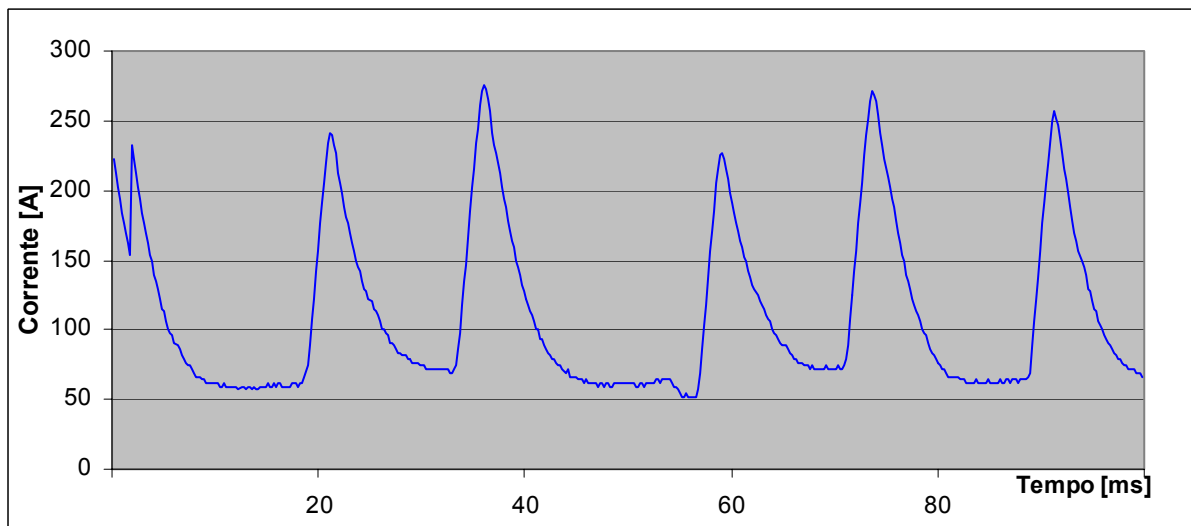



FIGURA 5.2 – OSCILOGRAMAS U [V] X T [MS] E I [A] X T [MS] PARA KS =30; KD =30 E VA = 4,0 M/MIN; UREF.=19V; ELETRODO ER70S-6 DE 1,0 MM; GÁS AR + 8% CO_2; VS = 40 CM/MIN.

5.3.2 MIG PULSADO

a) Introdução

Em soldagens MIG/MAG convencionais com baixas correntes médias, a transferência metálica se efetua por curtos-circuitos. Cada gota se transfere por ocasião do estabelecimento de um contato físico desta com a poça líquida. Neste instante, várias forças atuam para que a gota se transfira para a peça. A mais importante é devido ao efeito de pinçamento, que ocorre pelo súbito aumento da corrente, empurrando a gota em direção à poça.

A concepção da corrente pulsada para o controle da transferência metálica não é nada mais que uma metodologia de antecipação de picos de corrente para transferir as gotas antes que estas curto-circuitem na peça. Com isso, evita-se intensas salpicagens e tem-se um arco com uma pressão razoavelmente homogênea sobre a poça líquida.

Entretanto, os picos de corrente (pulsos), devem satisfazer certos requisitos para que estes objetivos sejam alcançados. Assim, o tempo de permanência no valor de pulso deve ser tal que a energia gerada seja suficiente para a complementação da formação da gota e sua expulsão. A elevada corrente de pulso necessária para tanto impõe que a corrente de base ou o seu respectivo tempo (tb) sejam ajustados em valores tais que possa ser obtida uma corrente média dentro dos valores necessários e desejáveis à operação de soldagem.

A seleção correta das grandezas envolvidas no processo é de fundamental importância para que os objetivos da utilização da corrente pulsada sejam atingidos. Tal tarefa, porém, tem sido uma das principais razões para a falta de popularidade da soldagem MIG/MAG pulsada na indústria.

Para entrar no **MIG pulsado**, estando no menu inicial, deve-se pressionar a tecla correspondente ao processo "**MIG**" e depois a tecla correspondente a "**MIG pulsado**", onde aparecerão as opções: **modo corrente** e **modo misto**.

b) Corrente pulsada no modo corrente

Se for escolhida a opção "**modo corrente**", a fonte estará preparada para fornecer ao arco voltaico uma energia em que a corrente de soldagem se afigura como uma grandeza independente, isto é, diretamente determinada. A tensão, neste caso, é que se caracterizará numa grandeza dependente das características do arco. Assim sendo, as grandezas que a fonte controla estão representadas no oscilograma da fig. 5.3.

Neste modo de operação do equipamento, pode-se optar por dois caminhos: um deles, designado com "**normal**", é o que o operador se incumbe de fornecer todas as variáveis apresentadas na fig. 5.3 e mais a velocidade do arame-eletrodo, **"Va".** O outro caminho é a operação pelo modo "**sinérgico"**, em que a seleção das já citadas variáveis é realizada automaticamente pelo equipamento. Entretanto, para as duas situações possíveis, o operador deve atentar para a opção **"configurar"**, a qual tem a principal incumbência de ajustar uma situação adequada para a abertura do arco. Assim, deve-se ajustar um valor de tensão, **"Ucc"**, característico da existência de curto circuito, para que, quando da ocorrência deste, atue uma corrente relativamente alta, **"Icc"** (corrente de curto circuito). Estes valores devem variar de

material para material e também de bitola a bitola de arame, porém, um valor indicativo pode ser proposto, Ucc = 10 V e Icc = 300 A.

b.1) MIG pulsado normal

Nesta opção, o operador tem de selecionar, individualmente, como já foi dito, todas as variáveis apresentadas na fig. 5.3 e mais a velocidade de avanço do arame-eletrodo, **"Va"**. Assim, serão 5 variáveis, se o caminho tomado for o pulsado não térmico. Entretanto, se a opção for o térmico, haverá mais algumas outras variáveis.

b.1.1) MIG pulsado normal sem pulsação térmica

Optando-se pela soldagem "**não térmico**", surgirão no "display": "**variáveis**", "**salvar**" e "**hab. solda**". Deve-se fazer o ajuste das variáveis, pressionando-se a tecla "**variáveis**". Feito isto, surgirão no "display" os valores de "**Ip**" (corrente de pulso), "**Ib**" (corrente de base), "**tp**" (tempo de pulso), "**tb**" (tempo de base) e "**Va**" (velocidade de mergulho do arame). Os ajustes destes valores são realizados pressionando-se a tecla correspondente à variável e em seguida a tecla de incremento ou decremento;

Feitos os ajustes descritos acima, pressiona-se **Volta**r e após, "**hab. solda**". Assim, surgirá no "display" a informação "**Aguardando disparo...**". Para iniciar a soldagem basta pressionar o botão da tocha. Nesse instante aparecerão no "display" os valores das variáveis acima. Para ajustar os valores durante a soldagem, tem-se que pressionar a tecla correspondente à variável e utilizar as teclas de incremento e decremento.

b.1.2) MIG pulsado normal com pulsação térmica

Optando-se pela soldagem com pulso **"térmico"** surgirão no "display": "**variáveis**", "**salvar**" e "**hab. solda**". Deve-se fazer o ajuste das variáveis, pressionando-se a tecla "**variáveis**". Feito isto, surgirão no "display" as opções "**início**", "**soldagem**" e "**fim**";

Pressionando-se a tecla correspondente a "**início**", procede-se o ajuste das variáveis da fase inicial da soldagem, tais como: "**Ip**" (corrente de pulso)**,** "**Ib**" (corrente de base), "**tp**" (tempo de pulso)**,** "**tb**" (tempo de base) e "**Va**" (velocidade de mergulho do arame). Ao se pressionar estas teclas, surgirão no "display" valores para estas variáveis. A informação "**início**" que aparece ao lado destes valores serve apenas para indicar que estas variáveis correspondem à fase de início da soldagem (período em que permanece pressionado o botão da tocha, como explicado no item 5.2-7);

Os ajustes destes valores são realizados pressionando-se a tecla correspondente à variável e em seguida a tecla de incremento e decremento (9), situada ao lado direito do painel do controle remoto;

Para se realizar os ajustes das variáveis da fase de "**soldagem**", pressiona-se a tecla **Voltar** que está localizada à esquerda no painel de controle remoto e após, a tecla "**soldagem**" no "display", aparecendo as designações "**pulso**" e "**base**".

Para se definir as variáveis de pulso térmico, pressiona-se a tecla “**pulso**” do painel. Assim, surgirão no “display”: **T1** (tempo em que vai atuar o pulso térmico), “**Ib**” (corrente de base), “**tb**” (tempo de base) e “**Va**” (velocidade de mergulho do arame);

Os ajustes destes valores são realizados pressionando-se a tecla correspondente à variável e em seguida a tecla de incremento e decremento, situada no lado direito do painel do controle remoto. As demais variáveis (**Ip** e **tp**), permanecem com o mesmo valor ajustado para a fase de início da soldagem, pois estes valores são intrínsecos ao diâmetro e tipo de arame e tipo de gás para se obter um bom destacamento de gota;

Para se definir as variáveis da base térmica, pressiona-se a tecla “**base**”. Assim, surgirão no “display”: **T2** (tempo em que vai atuar a base térmica), “**Va**” (velocidade de mergulho do arame), ”**Ib**” (corrente de base) e “**tb**” (tempo de base). Os ajustes destes valores são realizados conforme o item anterior. As variáveis (**Ip** e **tp**) permanecem com o mesmo valor da fase **início** da soldagem devido ao que foi comentado no parágrafo anterior;

Para se realizar os ajustes das variáveis da fase de “**fim**” da soldagem (período em que permanece pressionado o botão da tocha), pressiona-se a tecla **Voltar** que está localizada à esquerda no painel de controle remoto e após, a tecla “**fim**” no “display” para se dar entrada às variáveis “**Ib**”, “**tb**” e “**Va**” da fase final. As demais variáveis (**Ip** e **tp)** permanecem com o mesmo valor ajustado para a fase de **início** da soldagem. Esses valores serão utilizados quando o soldador voltar a manter pressionado o botão da tocha;

Feitos os ajustes descritos acima, pressiona-se **Voltar** e após “**hab. solda**”. Assim, surgirá no “display” a informação “**Aguardando disparo...**”. Para iniciar a soldagem basta pressionar o botão da tocha como determinado no item 5.2-7. Nesse instante aparecerão no “display” a palavra “→ **base**” e os valores ajustados para as variáveis de soldagem da base térmica “**Ib**”, “**Va”**, “**tb**”**, “T2**”, e a palavra “**pulso**”. Pressionando-se a tecla correspondente a palavra “**pulso**”, surgirá a palavra “→ **pulso**” e as variáveis de pulso térmico “**Ib**”, “**tb**”, “**Va**”, “**T1**”, e a palavra “**base**”. Caso se deseje voltar às variáveis de base, basta pressionar novamente a tecla correspondente à “**base**”. A informação que está após a “→” significa que os valores que estão no “display” correspondem às variáveis daquela fase (pulso ou base). Para ajustar os valores durante a soldagem, tem-se que pressionar a tecla correspondente à variável e utilizar as teclas de incremento e decremento.

b.2) MIG pulsado sinérgico

Como já foi mencionado, nesta opção há um certo automatismo na seleção das variáveis de soldagem. O operador tem de se preocupar agora é com os valores médios de corrente. No pulsado sinérgico sem pulso térmico, somente com uma corrente média e no pulsado sinérgico com pulso térmico, com quatro correntes médias.

b.2.1) MIG pulsado sinérgico sem pulsação térmica

Optando-se pela soldagem **“não térmico**” surgirão no “display” o tipo de material do eletrodo e seu diâmetro e **“confirma”**. Para se escolher qual o tipo de material e respectivo

diâmetro pressiona-se a tecla de incremento e decremento (+ e -), situada ao lado direito do painel do controle remoto. Para confirmar o eletrodo pressiona-se então **"confirma"**;

Surgirão no "display" as opções: **"Im**" (corrente média), "**a**" (comprimento de arco), "**salvar**" e "**hab. solda**". Os ajustes dos valores das variáveis são realizados pressionando-se a tecla correspondente e em seguida a tecla de incremento ou decremento, situada ao lado direito do painel do controle remoto;

Feitos os ajustes descritos acima, pressiona-se "**hab. solda**". Assim, surgirá no "display" a informação "**Aguardando disparo...**". Para iniciar a soldagem basta pressionar o botão da tocha. Nesse instante aparecerão no "display" os valores das variáveis **"Im**" (corrente média), "**a**" (comprimento de arco). Para ajustar os valores durante a soldagem, tem-se que pressionar a tecla correspondente à variável e utilizar as teclas de incremento e decremento.

b.2.2) MIG pulsado sinérgico com pulsação térmica

Optando-se pela soldagem com pulso **"térmico**", surgirão no "display" o tipo de material do eletrodo e seu diâmetro e **"confirma"**. Para se escolher qual o tipo de material e respectivo diâmetro pressiona-se a tecla correspondente e a tecla de incremento. Para confirmar o eletrodo pressiona-se então **"confirma"**;

Após essa confirmação aparecerão no "display": "**inicio/fim**", "**pulso/base**", "**hab. solda**" e "**salvar**". Selecionado a tecla correspondente a "**inicio/fim**", surgirão no "display": **"Im_i"** (corrente média inicial), **"Im_f"** (corrente média final), "**a_i**" (altura de arco inicial), "**a_f**" (altura de arco final). Pressionando a tecla relativa a "**pulso/base**", surgirão no "display": "**Im_P**" (corrente média de pulso), "**Im_B**" (corrente média de base), "**a_P**" (altura de arco no pulso), "**a_B**" (altura de arco na base), **"T1"** e **"T2"** (tempos de atuação do pulso e da base respectivamente).

Os ajustes destes valores são realizados pressionando-se a tecla correspondente à variável e em seguida a tecla de incremento ou decremento, situada ao lado direito do painel do controle remoto;

Feitos os ajustes descritos acima, pressiona-se **Voltar** e após, "**hab. solda**". Assim, surgirá no "display" a informação "**Aguardando disparo...**". Para iniciar a soldagem basta pressionar o botão da tocha, conforme explicado no item 5.2-7. Nesse instante aparecerão no "display" os valores das variáveis acima. Para ajustar os valores durante a soldagem, tem-se que pressionar a tecla correspondente à variável e utilizar as teclas de incremento e decremento.

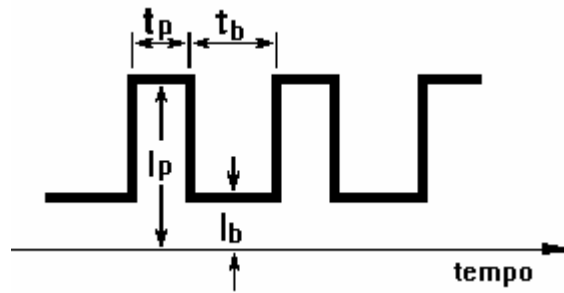



FIGURA 5.3 - VARIÁVEIS DA CORRENTE PULSADA COM IMPOSIÇÃO DE CORRENTE.

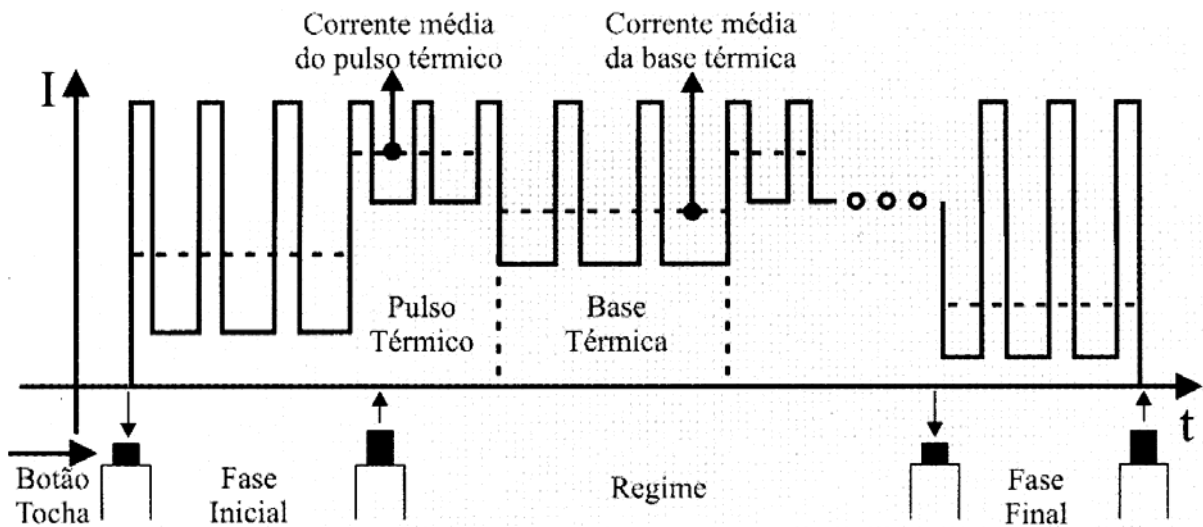



FIGURA 5.4 - VARIÁVEIS DA CORRENTE PULSADA COM IMPOSIÇÃO DE CORRENTE MOSTRANDO OS PULSOS TÉRMICOS E BASE TÉRMICA.

EXEMPLOS PRÁTICOS DE SOLDAGENS COM IMPOSIÇÃO DE CORRENTE

1. Soldagem MIG/MAG pulsada não térmica com imposição de corrente com eletrodo ER70S-6 de 1,0 mm, corrente média de 50 A, eficaz de 79 A e Vs = 20 cm/min.

Ajustes da fonte:

Ib = 30 A   Ip = 240 A   tb = 39 ms   tp = 4.1 ms   Va = 1.6 m / min

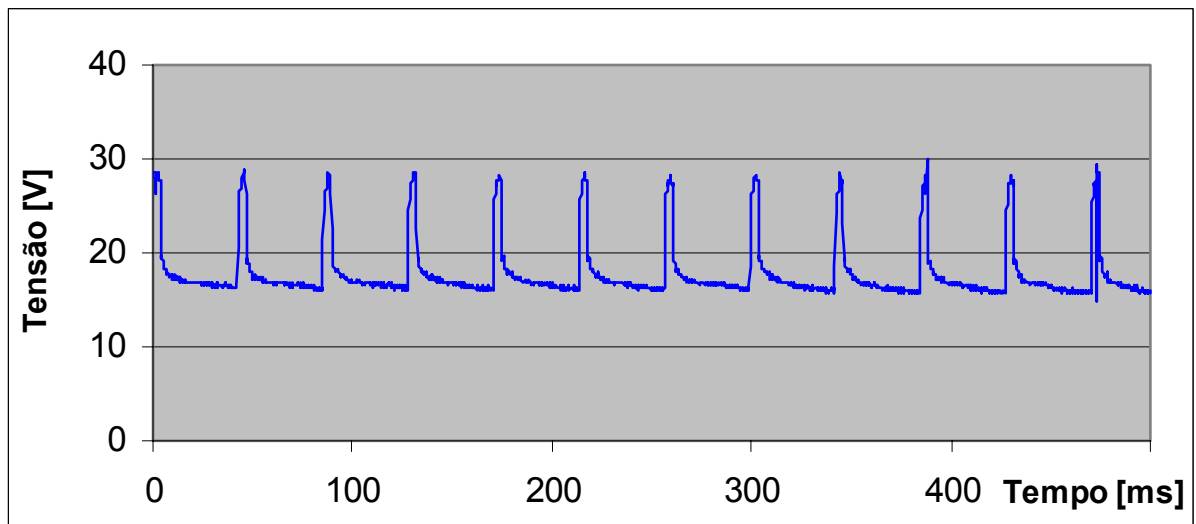
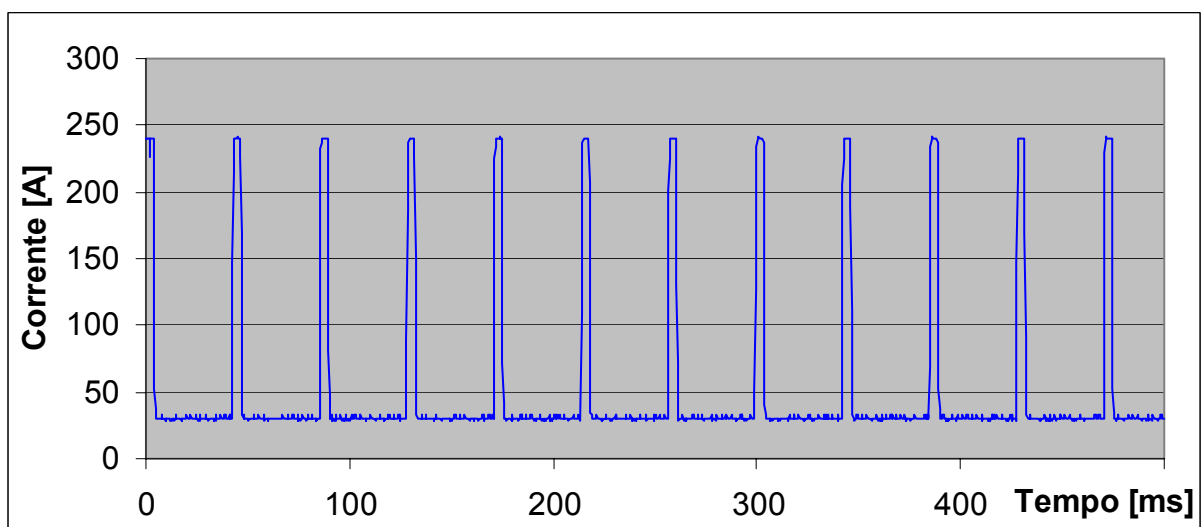



FIGURA 5.5- OSCILOGRAMAS U [V] X T [MS] E I [A] X T [MS] PARA O MIG / MAG PULSADO.

2. Soldagem MIG/MAG pulsada não térmica com imposição de corrente com eletrodo ER70S-6 de 1,0 mm, corrente média de 120 A, eficaz de 140 A e Vs = 20 cm/min.

Ajustes na fonte:

Ib = 76 A   Ip = 240 A   tb = 11.2 ms   tp = 4.1 ms   Va = 4.3 m / min

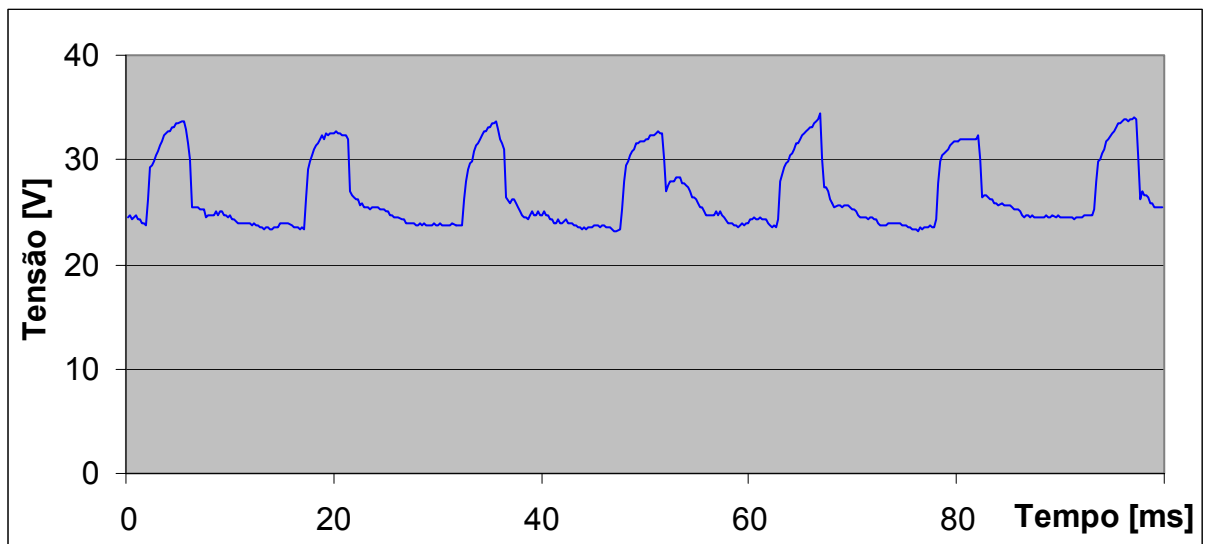
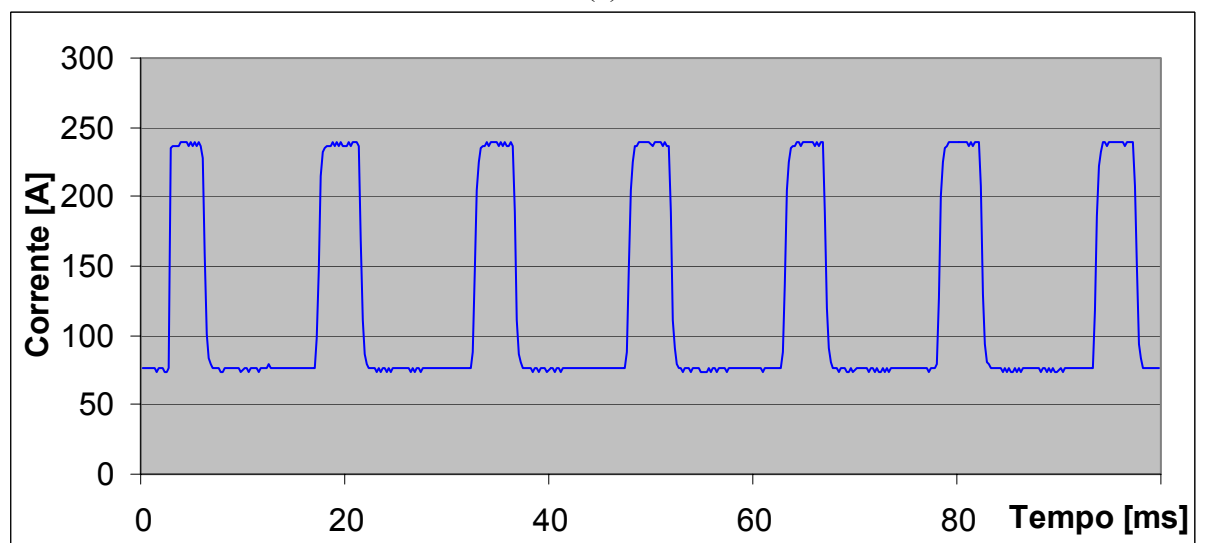



FIGURA 5.6 - OSCILOGRAMAS U [V] X T [MS] E I [A] X T [MS] PARA O MIG / MAG PULSADO.

3. Soldagem MIG/MAG pulsada térmica com eletrodo ER70S-6 de 1,0 mm e Vs = 20 cm/min. Ajustes da fonte:

Inicio: Im = 40 A, Ip = 240 A, Ib = 22 A, tb = 45.1 ms, tp = 4.1 ms, Va = 1.4 m/min

Pulso Térmico: T1 = 0.5 s, Ib = 48 A, tb = 20.5 ms, Va = 2.8 m / min

Base Térmica: T2 = 0.5 s, Ib = 22 A, tb = 45.1 ms, Va = 1.4 m / min

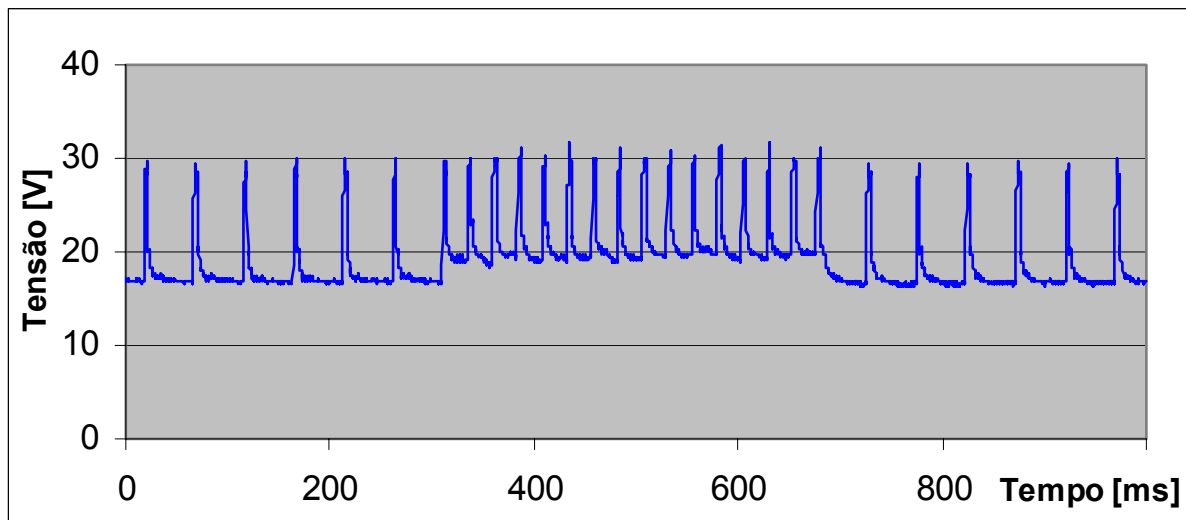
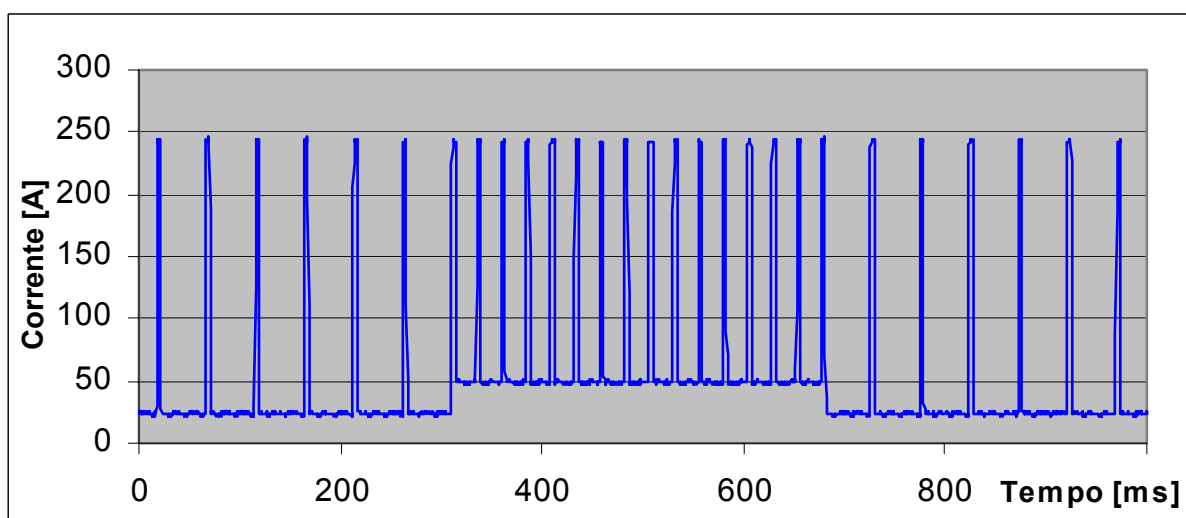
Fim: Ib = 22 A, tb = 45.1 A, Va = 1.4 m/min

(a)

(b)

FIGURA 5.7 - OSCILOGRAMAS U [V] X T [MS] E I [A] X T [MS] PARA O MIG / MAG PULSADO TÉRMICO.

5.3.3 MODO MISTO

Pressionando-se no display a tecla "**MIG pulsado**" surgirão as opções "**modo corrente**" e "**modo misto**". Optando-se pelo **"modo misto"**, a fonte estará preparada para operar neste modo. O modo misto é apenas utilizado em soldagens MIG/MAG com corrente pulsada. Caracteriza-se pela imposição da corrente na fase de base e pelo comando da tensão na fase de pulso (fig. 5.8).

Trabalhando-se em corrente pulsada, embora seja a corrente de pulso a variável que é diretamente relacionada na equação de destacamento de gota, o valor da tensão de pulso mantém uma relação biunívoca com a mesma. Isto significa que, a princípio, pode-se comandar a transferência metálica, seja pelo comando da corrente ou pelo comando da tensão. Da mesma forma, os valores da corrente e da tensão da fase de base podem ser ajustados,

partindo-se de qualquer uma dessas variáveis. Assim, pode-se ter uma corrente pulsada utilizando-se vários critérios. Entretanto, a resposta dinâmica às perturbações da estabilidade do arco é diferente em cada um dos casos. Em função disso surgiram uma série de metodologias diferentes para comandar a transferência metálica em corrente pulsada, dentre elas o comando no modo misto.

Quando se utiliza a imposição de corrente, tanto na fase de base como na de pulso, as correntes média e eficaz estão perfeitamente definidas, o que significa que a velocidade do arame-eletrodo está quase 100 % definida. Isto implica que o processo não possui, por si só, uma grande capacidade de correção de instabilidades ocasionais.

Quando o arco, por uma eventualidade, diminui seu tamanho, a tensão também diminuirá, reduzindo a energia do arco e a capacidade de fusão do eletrodo. Este fato conduz inevitavelmente a uma interrupção do processo.

Para que situações como esta não seja um impedimento total ao uso do processo, providências adicionais são necessárias para corrigir dinamicamente as instabilidades. Isto é realizado através de mecanismos de realimentação que se baseiam primordialmente na variação média da corrente para compensar os distúrbios ou na variação instantânea da velocidade de alimentação do arame-eletrodo, através do controle que é designado na literatura de "controle externo".

Quando, entretanto, a variável a ser previamente definida for a tensão, a princípio, para que não se tenha uma interrupção total do processo, não se precisa ter nenhuma realimentação. Na prática, não há necessidade de utilização de um alimentador de arame com velocidade variável. Quando o arco, por exemplo, tender a um curto-circuito, certamente existirá uma anomalia na transferência, mas a fusão do arame-eletrodo não sofrerá descontinuidade devido ao aumento da corrente nas fases em que a fonte comanda a tensão. Isto caracteriza o que convencionalmente na literatura é designado como "controle interno".

Isto é o que acontece quando a fonte está ajustada para soldar com o comando misto pois, a corrente na fase de pulso não é mantida num patamar único, e sim se ajusta em conformidade com as condições do arco.

A técnica de comando pelo modo misto surgiu com o intuito de facilitar o ajuste das variáveis de soldagem em corrente pulsada.

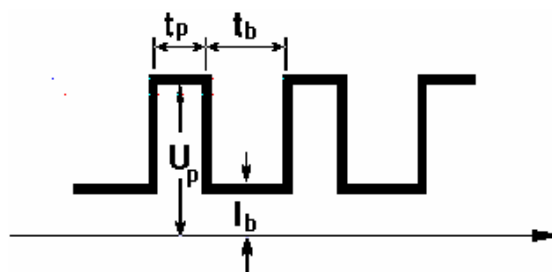



FIGURA 5.8 - VARIÁVEIS DA CORRENTE PULSADA NO MODO MISTO

Ao se optar pelo "**modo misto**", surgirão no "display" as opções: "**variáveis**", "**salvar**" e "**hab. solda**". Deve-se fazer o ajuste das variáveis, pressionando-se a tecla

"**variáveis**". Feito isto, surgirão no "display" os valores de "**Up**" (tensão de pulso), "**Ib**" (corrente de base), "**Va**" (velocidade de mergulho do arame), "**tp**" (tempo de pulso), "**tb**" (tempo de base) e **"→"**. Pressionando-se a tecla **"→"** aparecerão no "display" a palavra {Dinâmica} e os valores de "**Ks**" (indutância de subida) e "**Kd**" (indutância de descida). Os ajustes destes valores são realizados pressionando-se a tecla correspondente à variável e em seguida a tecla de incremento ou decremento;

Feitos os ajustes descritos acima, pressiona-se **Voltar** e após, "**hab. solda**". Assim, surgirá no "display" a informação "**Aguardando disparo...**". Para iniciar a soldagem basta pressionar o botão da tocha. Nesse instante aparecerá no "display" os valores das variáveis acima, podendo-se alterar estes valores durante a soldagem através das teclas de incremento e decremento.

EXEMPLOS PRÁTICOS DE SOLDAGENS NO MODO MISTO

1. Soldagem MIG/MAG pulsada não térmica no modo misto com eletrodo ER70S-6 de 1,0 mm, corrente média de 30 A e eficaz de 62 A.

Ajustes da fonte:

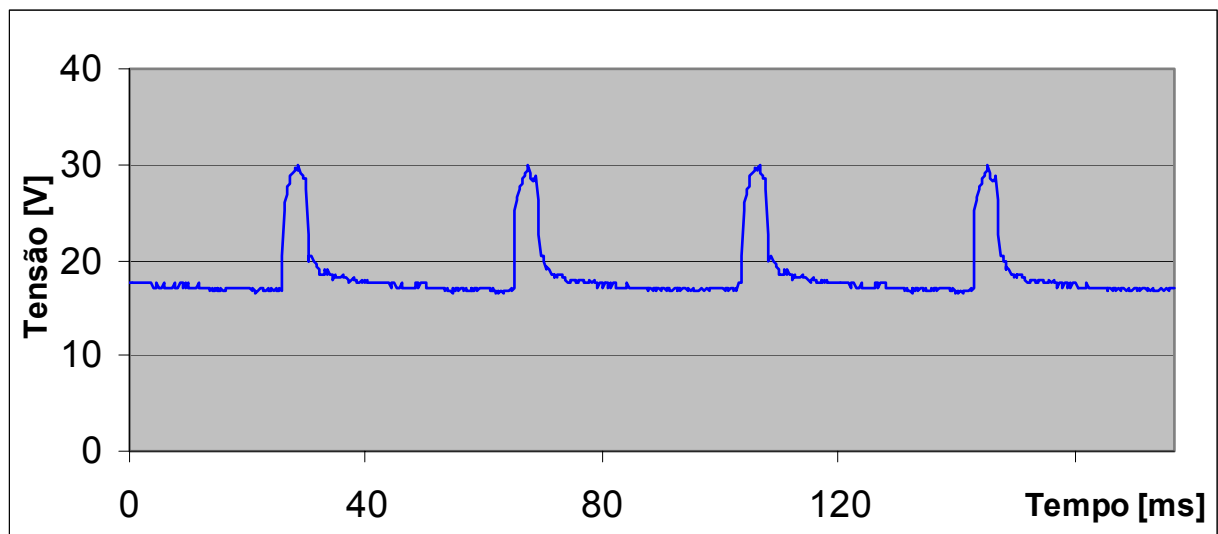
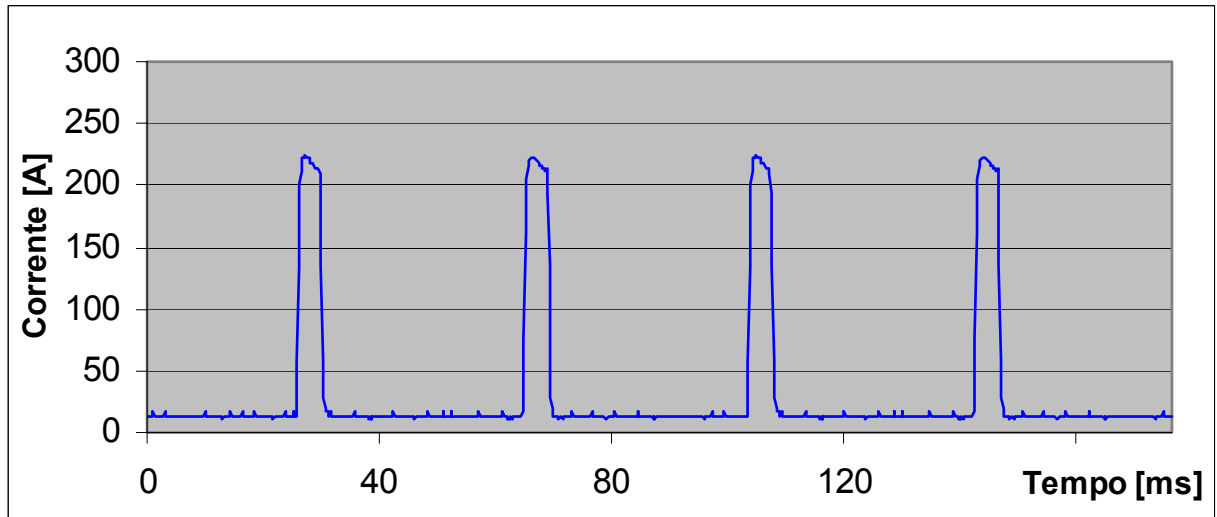
Ib = 16 A tb = 61.6 ms tp = 4.1 ms Va = 1.2 m / min Up = 29 V

(a)

(b)

FIGURA 5.9- OSCILOGRAMAS U [V] X T [MS] E I [A] X T [MS] PARA O MIG / MAG PULSADO

2. Soldagem MIG/MAG pulsada não térmica no modo misto com eletrodo ER70S-6 de 1,0 mm, corrente média de 90 A e eficaz de 110 A.

Ajustes na fonte:

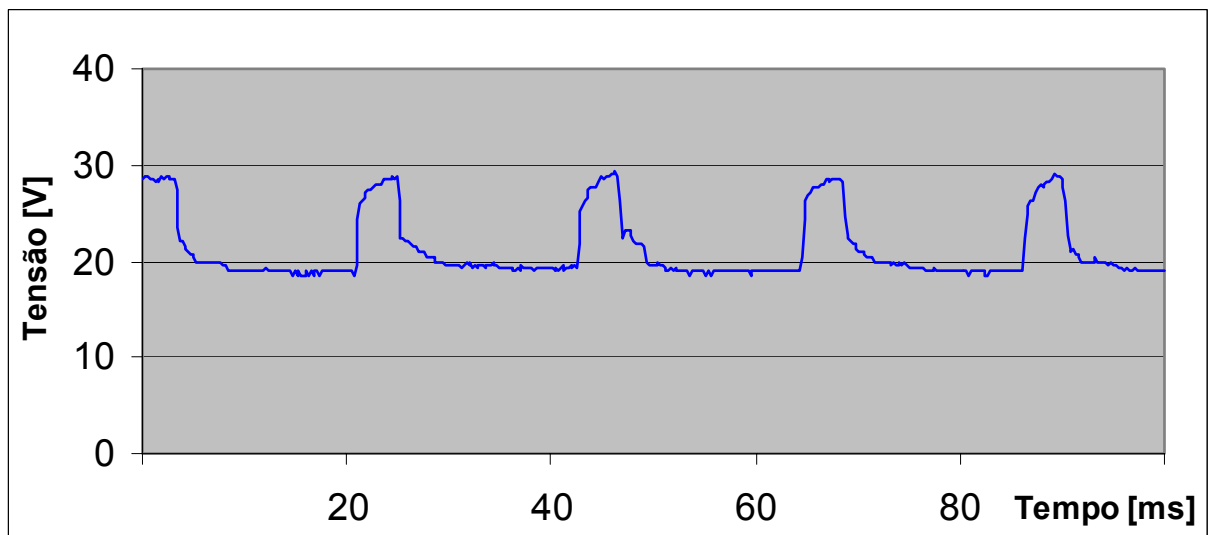
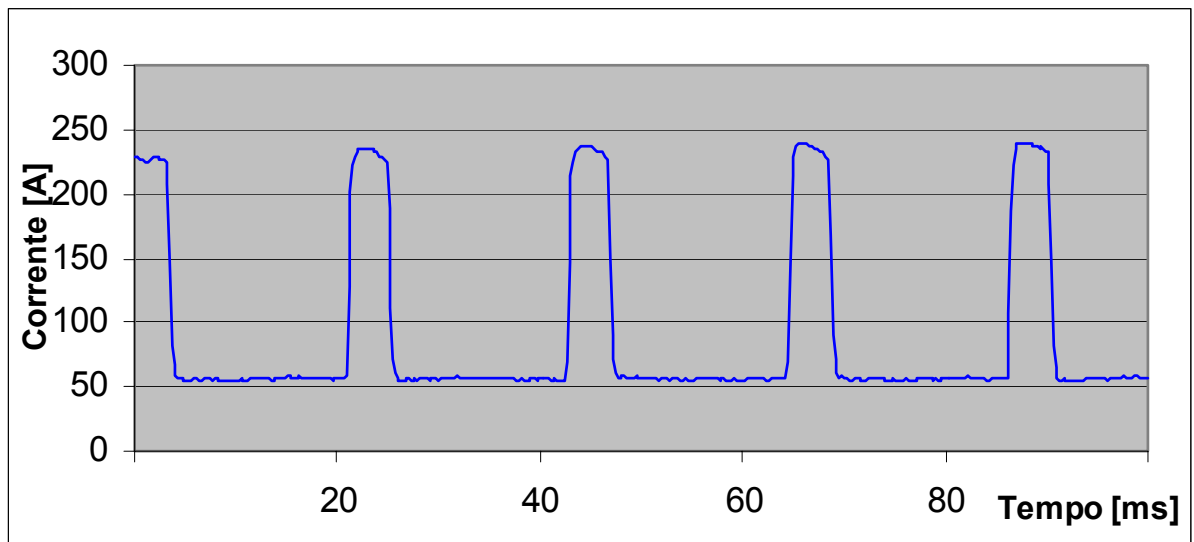
Ib = 55 A   tb = 17.8 ms   tp = 4.1 ms   Va = 3.2 m / min   Up = 29 V

(a)

(b)

FIGURA 5.10 - OSCILOGRAMAS U [V] X T [MS] E I [A] X T [MS] PARA O MIG / MAG PULSADO

6. OPERAÇÃO COMO FONTE TIG

6.1 INTRODUÇÃO

Na soldagem TIG, o arco voltaico é estabelecido entre um eletrodo “não-consumível” de tungstênio (puro ou ligado) e a peça.

A proteção durante a soldagem é obtida com um gás inerte, ou mistura de gases inertes. O gás remove o ar do contato com o metal fundido e com o eletrodo de tungstênio aquecido. Há pouco ou nenhum salpico e fumaça, porém, ocorre sensível emissão de energia radiante, notadamente raios ultravioleta.

A soldagem pode ser feita com ou sem adição de material. Quando é feita com material de adição, ele não é transferido através do arco, mas é fundido pelo arco.

A soldagem TIG é usada para executar soldas de alta qualidade na maioria dos metais e ligas. Não há escória (pois não há fluxo) e o processo pode ser usado em todas as posições. Permite obter uma solda de alta qualidade, só superada pelo processo PLASMA.

A soldagem TIG é um processo bastante adequado a espessuras finas devido ao excelente controle que se tem sobre o arco, uma vez que há maior independência entre o calor produzido e a fusão do material de adição. Ele pode também unir paredes espessas de chapas e tubos. Os passes de raiz de tubulações de aço carbono e aço inoxidável, especialmente aqueles de aplicações críticas são freqüentemente soldadas pelo processo TIG.

A soldagem TIG tem a possibilidade de soldar muitos tipos de metais (alumínio, magnésio, titânio, cobre e aços inoxidáveis) numa grande variedades de espessuras e em posições não possíveis por outros processos.

Uma consideração que se deve ter em mente é o ângulo da ponta do eletrodo de tungstênio, pois a conicidade afeta a penetração da solda. Se a ponta tornar-se aguda demais, a densidade de corrente aumenta nesta região, podendo atingir a temperatura de fusão, quando então irá se desprender do resto do eletrodo e fazer parte da poça metálica, constituindo, após sua solidificação, numa inclusão de tungstênio na solda.

6.2 COLOCANDO A FONTE EM OPERAÇÃO

Para adaptar a fonte de soldagem **MINITEC 200** para o processo TIG, os seguintes passos devem ser seguidos:

1- Verificar se o cabo de alimentação da fonte (22) está conectado à caixa de fusíveis existente nas proximidades do local de soldagem antes de LIGAR a fonte (11). A capacidade dos fusíveis deve estar de acordo com a tabela 4.1;

2- Conectar elementos listados a seguir:

– A mangueira de gás vinda do cilindro a ser utilizado na soldagem (21);

– saída de gás para a tocha (20);

– partida (19);

– conexão da pistola (17);

– conexão do cabo da polaridade positiva (18), o qual deve ser ligado à mesa de soldagem ou à peça.

Visto que a polaridade direta (CC-) produz menos aquecimento do eletrodo, maior aquecimento da peça e melhor estabilidade de arco, deve ser usada somente a polaridade direta.

3- Ligar a máquina, pressionando por alguns segundos o botão verde da botoeira (11) localizada no painel inclinado, até que apareça no painel do controle remoto o menu de inicialização com os seguintes dizeres no "display": "**MINITEC 2002 IMC/LABSOLDA – UFSC**";

4- Abrir o gás de soldagem no cilindro e ajustar a vazão desejada;

Para o correto ajuste da vazão, deve-se prestar atenção no dispositivo de medição utilizado. Existem casos onde a válvula controladora da pressão não possui um ajuste da pressão de saída, sendo essa ajustada previamente pelo fabricante para um valor usualmente utilizado nos processos de soldagem. Se acoplado a essa válvula vier um fluxômetro, este estará calibrado para a referida pressão de saída.

Se o circuito de gás dentro da máquina e na pistola oferecer uma perda de carga muito grande, isto influenciará a pressão de saída da válvula e o fluxômetro indicará vazões falsas. Pode ocorrer também que nessas válvulas controladoras, a indicação do manômetro de baixa pressão esteja com escala de vazão (l/min) e aqui vale as mesmas observações sobre possíveis erros.

O mais correto seria utilizar válvulas que possuam o ajuste de pressão de saída. Nesse caso, deve-se regular a pressão de saída de forma que o valor dessa seja igual à pressão de calibração do fluxômetro utilizado.

Para contornar esses problemas, pode-se adotar o procedimento de medição explicado no item 4.2.1 para o ajuste da vazão. Os rotâmetros utilizados para esse procedimento são geralmente baratos e são calibrados para funcionar à pressão atmosférica, evitando assim, erros devido à pressão ajustada.

5- Selecionar o modo de comando do operador, que pode ser por dois toques ou quatro toques. Esta seleção é realizada no "display" do painel do controle remoto, pressionando-se a tecla correspondente a "**configurar**" e após, a tecla "**toques**", escolhendo entre "**2**" (dois toques) ou "**4**" (quatro toques) conforme se desejar. No sistema de dois toques, o soldador pressiona o gatilho, mantendo-o pressionado durante a soldagem, e o solta para o final da soldagem. No sistema de quatro toques, ao se pressionar e soltar o gatilho, tem-se o inicio da soldagem, devendo-se repetir essa ação para finalizar o processo;

6- Selecionar o processo de soldagem TIG pressionando-se a tecla "**TIG/PLASMA**" no "display" do painel do controle remoto e na seqüência a tecla "**TIG**". Ao pressionar-se esta tecla, surgirão as opções "**TIG NORMAL**" e "**TIG PULSADO**". Chama-se de "**TIG**

NORMAL” a soldagem com corrente contínua constante e de “**TIG PULSADO**” a soldagem com corrente contínua pulsada;

6.3 SOLDAGEM TIG EM CORRENTE CONTÍNUA CONSTANTE

1-. Pressionando-se a tecla “**TIG NORMAL**” no painel do controle remoto, a fonte estará habilitada a soldar pelo processo **TIG** em corrente contínua constante. Assim, surgirão no “display” “**variáveis**”, “**configurar**”, “**hab. solda**” e “**salvar**”;

2-. Pressiona-se “**configurar**” para selecionar a “**Icc**” (corrente de curto circuito), “**Ucc**” (tensão de curto circuito), **“If”** (corrente final), **“tf”** (tempo final), “**ts**” (tempo de subida de rampa) e “**td**” (tempo de descida de rampa). Os valores respectivos que aparecem no painel podem ser ajustados pressionando-se a tecla correspondente à variável e em seguida a tecla de incremento ou decremento, situada no lado direito do painel do controle remoto;

- Para a abertura do arco, deve-se realizar um curto-circuitamento do eletrodo na peça. A fonte de soldagem **MINITEC 200** possui um controle eletrônico para isto, proporcionando uma abertura suave sem danificação da ponta do eletrodo. Este controle, designado em inglês como “Lift Arc”, faz com que a corrente que flui durante o curto-circuito seja limitada a um valor mínimo (**Icc**) necessário para que ocorra o aquecimento do eletrodo e a conseqüente ionização do gás de proteção, possibilitando a abertura do arco sem que o eletrodo se aqueça demasiadamente e seja danificado. A tensão de curto circuito (**Ucc**) é o valor indicativo pelo qual o “software” interno da fonte poderá detectar a ocorrência do curto circuito no momento em que o eletrodo toca a peça;
- Valores recomendados: Os valores para a tensão de curto circuito (**Ucc**) são de 4 a 8 Volts. Para a corrente de abertura do arco (**Icc**) o valor vai depender do diâmetro do eletrodo:
    - para $1,6 \leq d \leq 3,2$ mm → **Icc =**10 a 15 A
    - para d = 4,0 mm → **Icc** = 20 a 25 A
- A corrente final (**If**) é o valor aplicado ao arco durante o tempo final (**tf**) anterior a extinção do arco no final da soldagem.

3-. Para se dar entrada às variáveis de soldagem pressiona-se a tecla **Voltar** e após, “**variáveis**”. Surgirá no “display”: “**I**” (corrente de soldagem). O valor pode ser ajustado pressionando-se a tecla correspondente à variável e em seguida a tecla de incremento ou decremento, situada no lado direito do painel do controle remoto;

4-. Feito estes ajustes, pressiona-se a tecla **Voltar** e após, “**hab. solda**”. Assim, surgirá no “display” a informação “**Aguardando disparo...**”;

5-. A abertura do arco deve ser feita encostando-se o eletrodo na peça e pressionando-se o botão da tocha, conforme explicado no item 6.2-5. Após uma pequena fração de tempo o eletrodo pode ser afastado, abrindo o arco imediatamente. Nesse instante aparecerá no “display” o valor da corrente de soldagem. Para ajustar esse valor, tem-se que pressionar a tecla correspondente à variável e utilizar as teclas de incremento e decremento.

6.4 SOLDAGEM TIG CC-PULSADA

O fundamento básico da aplicação da corrente pulsada no processo TIG é a aplicação de uma elevada corrente de pulso para causar uma intensa penetração no metal de base. Se esta elevada corrente fosse mantida levaria a uma excessiva penetração e a perfuração do metal de base. Entretanto, o pulso termina após um determinado tempo e, estando sob a ação da corrente de base, a poça metálica solidifica-se. A técnica de pulsação vem mostrando-se particularmente benéfica no controle da penetração da soldagem.

Para soldar em corrente contínua pulsada, tendo-se executado todos os passos descritos na seção 6.2, procede-se conforme a seguir:

1-. Pressionando-se a tecla "**TIG PULSADO**" no painel do controle remoto, a fonte estará habilitada a soldar pelo processo **TIG** em corrente contínua pulsada. Assim, surgirão no "display" "**variáveis**", "**configurar**", "**hab. solda**" e "**salvar**";

2-. Pressiona-se "**configurar**" para selecionar a "**Ucc**" (tensão de curto circuito), "**Icc**" (corrente de curto circuito), **"If"** (corrente final), **"tf"** (tempo final), "**ts**" (tempo de subida da rampa), "**td**" (tempo de descida da rampa). Os valores respectivos que aparecem no painel podem ser ajustados pressionando-se a tecla correspondente à variável e em seguida a tecla de incremento ou decremento, situada no lado direito do painel do controle remoto;

- Valores recomendados: Os valores para a tensão de curto circuito (**Ucc**) são de 4 a 8 Volts. Para a corrente de abertura do arco (**Icc**) o valor vai depender do diâmetro do eletrodo:
  - para $1,6 \leq d \leq 3,2$ mm $\rightarrow$ **Icc** =10 a 15 A
  - para d = 4,0 mm $\rightarrow$ **Icc** = 20 a 25 A
- A corrente final (**If**) é o valor aplicado ao arco durante o tempo final (**tf**) anterior a extinção do arco no final da soldagem.

3-. Para se dar entrada às variáveis de soldagem para a corrente contínua pulsada (fig. 6.1) pressiona-se a tecla **Voltar** e após, "**variáveis**". Surgirão no "display": "**Ip**" (corrente de pulso), "**Ib**" (corrente de base), "**tb**" (tempo de base) e "**tp**" (tempo de pulso). Os valores respectivos que aparecem no painel podem ser ajustados pressionando-se a tecla correspondente à variável e em seguida a tecla de incremento ou decremento, situada no lado direito do painel do controle remoto;

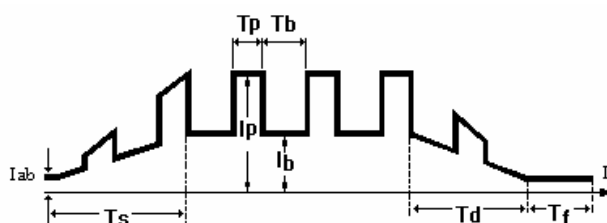



FIGURA 6.1 - VARIÁVEIS DE SOLDAGEM TIG - CC PULSADA

4-. Feitos estes ajustes, pressiona-se a tecla **Voltar** e após, "**hab. solda**". Ao se iniciar a soldagem surgirão no "display" os valores de "**Ip**" (corrente de pulso), "**Ib**" (corrente de base), "**tb**" (tempo de base) e "**tp**" (tempo de pulso). Desejando-se aumentar ou diminuir estes valores, atua-se na tecla de incremento e decremento;

6-. É importante verificar se as rampas de subida e descida da corrente foram ajustadas adequadamente;

7-. Feitos os ajustes descritos acima, a fonte estará preparada para a soldagem. A partida deve ser realizada por toque do eletrodo na peça, conforme descrito anteriormente.

6.4.1 Recomendações Práticas para soldagem TIG-CC pulsada

Embora estando o soldador ciente das vantagens da corrente pulsada no processo TIG, esta técnica pode parecer um tanto complicada devido ao grande número de variáveis de soldagem que deve ser considerado:

- Corrente de pulso
- Tempo de pulso
- Corrente de base
- Tempo de base
- Ajustes das rampas

A técnica pode ser simplificada, em uma primeira instância, com o conhecimento de que, para um dado material, há um determinado nível de corrente de pulso ideal, ficando o tempo de pulso diretamente relacionado com a espessura do material. Portanto, para um dado componente, o soldador precisa ajustar apenas o tempo de pulso para obter a penetração desejada, que é determinada pela espessura do metal de base.

As variáveis de base (corrente e tempo) são consideravelmente menos críticas. Normalmente, a corrente de base é ajustada para algo em torno de 15 A, nível este que garante a estabilidade do arco. O tempo de base depende fundamentalmente da velocidade de soldagem para não causar descontinuidade na solda, mas normalmente não excede a três vezes o tempo de pulso.

As considerações feitas acima devem servir apenas como ponto de partida para o ajuste das variáveis da corrente pulsada, e devem ser tratadas com cautela, particularmente em soldagens nos limites extremos de espessura, ou seja, seções maiores de 3 mm e menores de 1 mm.

7. OPERAÇÃO COMO FONTE PLASMA

7.1 INTRODUÇÃO

Para operar a MINITEC 200 como fonte de soldagem PLASMA, é necessária a aquisição do MÓDULO PLASMA e da unidade de refrigeração à água. A instalação e a operação dos mesmos estarão descritos nos respectivos manuais.

7.2 COLOCANDO A FONTE EM OPERAÇÃO

Para adaptar a fonte de soldagem **MINITEC 200** para o processo PLASMA, os seguintes passos devem ser seguidos:

1- Verificar se o cabo de alimentação da fonte (22) está conectado à caixa de fusíveis existente nas proximidades do local de soldagem antes de LIGAR a fonte (11). A capacidade dos fusíveis deve estar de acordo com a tabela 4.1;

2- Conectar elementos listados a seguir:

– A mangueira de gás vinda do cilindro a ser utilizado na soldagem (21);

– saída de gás para a tocha (20);

– partida (19);

– conexão da pistola (17);

– conexão do cabo da polaridade positiva (18), o qual deve ser ligado à mesa de soldagem ou à peça.

Visto que a polaridade direta (CC-) produz menos aquecimento do eletrodo, maior aquecimento da peça e melhor estabilidade de arco, deve ser usada somente a polaridade direta.

3- Ligar a máquina, pressionando por alguns segundos o botão verde da botoeira (11) localizada no painel inclinado, até que apareça no painel do controle remoto o menu de inicialização com os seguintes dizeres no "display": "**MINITEC 2002 IMC/LABSOLDA – UFSC**";

4- Abrir o gás de soldagem no cilindro e ajustar a vazão desejada;

Para o correto ajuste da vazão, deve-se prestar atenção no dispositivo de medição utilizado. Existem casos onde a válvula controladora da pressão não possui um ajuste da pressão de saída, sendo essa ajustada previamente pelo fabricante para um valor usualmente utilizado nos processos de soldagem. Se acoplado a essa válvula vier um fluxômetro, este estará calibrado para a referida pressão de saída.

Se o circuito de gás dentro da máquina e na pistola oferecer uma perda de carga muito grande, isto influenciará a pressão de saída da válvula e o fluxômetro indicará vazões falsas. Pode ocorrer também que nessas válvulas controladoras, a indicação do manômetro de baixa pressão esteja com escala de vazão (l/min) e aqui vale as mesmas observações sobre possíveis erros.

O mais correto seria utilizar válvulas que possuam o ajuste de pressão de saída. Nesse caso, deve-se regular a pressão de saída de forma que o valor dessa seja igual à pressão de calibração do fluxômetro utilizado.

Para contornar esses problemas, pode-se adotar o procedimento de medição explicado no item 4.2.1 para o ajuste da vazão. Os rotâmetros utilizados para esse procedimento são geralmente baratos e são calibrados para funcionar à pressão atmosférica, evitando assim, erros devido à pressão ajustada.

5- Selecionar o modo de comando do operador, que pode ser por dois toques ou quatro toques. Esta seleção é realizada no "display" do painel do controle remoto, pressionando-se a tecla correspondente a "**configurar**" e após, a tecla "**toques**", escolhendo entre "**2**" (dois toques) ou "**4**" (quatro toques) conforme se desejar. No sistema de dois toques, o soldador pressiona o gatilho, mantendo-o pressionado durante a soldagem, e o solta para o final da soldagem. No sistema de quatro toques, ao se pressionar e soltar o gatilho, tem-se o inicio da soldagem, devendo-se repetir essa ação para finalizar o processo;

6- Selecionar o processo de soldagem PLASMA pressionando-se a tecla "**TIG/PLASMA**" no "display" do painel do controle remoto e na seqüência a tecla "**PLASMA**". Ao pressionar-se esta tecla, surgirão as opções "**PLASMA NORMAL**" e "**PLASMA PULSADO**". Chama-se de "**PLASMA NORMAL**" a soldagem com corrente contínua constante e de "**PLASMA PULSADO**" a soldagem com corrente contínua pulsada;

7.3 SOLDAGEM PLASMA EM CORRENTE CONTÍNUA CONSTANTE

1-. Pressionando-se a tecla "**PLASMA NORMAL**" no painel do controle remoto, a fonte estará habilitada a soldar pelo processo PLASMA em corrente contínua constante. Assim, surgirão no "display" "**variáveis**", "**configurar**", "**hab. solda**" e "**salvar**";

2-. Pressiona-se "**configurar**" para selecionar a "**Icc**" (corrente de curto circuito), "**ti**" (tempo inicial), **"If"** (corrente final), **"tf"** (tempo final), "**ts**" (tempo de subida de rampa) e "**td**" (tempo de descida de rampa). Os valores respectivos que aparecem no painel podem ser ajustados pressionando-se a tecla correspondente à variável e em seguida a tecla de incremento ou decremento, situada no lado direito do painel do controle remoto;

- A corrente final (**If**) é o valor aplicado ao arco durante o tempo final (**tf**) anterior a extinção do arco no final da soldagem.

3-. Para se dar entrada às variáveis de soldagem pressiona-se a tecla **Voltar** e após, "**variáveis**". Surgirá no "display": "**I**" (corrente de soldagem). O valor pode ser ajustado pressionando-se a tecla correspondente à variável e em seguida a tecla de incremento ou decremento, situada no lado direito do painel do controle remoto;

4-. Feito estes ajustes, pressiona-se a tecla **Voltar** e após, "**hab. solda**". Assim, surgirá no "display" a informação "**Aguardando disparo...**";

5-. A abertura do arco aproximando o eletrodo na peça e pressionando-se o botão da tocha.

7.4 SOLDAGEM PLASMA CC-PULSADA

Para soldar em corrente contínua pulsada, tendo-se executado todos os passos descritos na seção 7.2, procede-se conforme a seguir:

1-. Pressionando-se a tecla "**PLASMA PULSADO**" no painel do controle remoto, a fonte estará habilitada a soldar pelo processo PLASMA em corrente contínua pulsada. Assim, surgirão no "display" "**variáveis**", "**configurar**", "**hab. solda**" e "**salvar**";

2-. Pressiona-se "**configurar**" para selecionar a "**Icc**" (corrente de curto circuito), **"ti"** (tempo inicial), **"If"** (corrente final), **"tf"** (tempo final), "**ts**" (tempo de subida da rampa), "**td**" (tempo de descida da rampa). Os valores respectivos que aparecem no painel podem ser

ajustados pressionando-se a tecla correspondente à variável e em seguida a tecla de incremento ou decremento, situada no lado direito do painel do controle remoto;

- A corrente final (**If**) é o valor aplicado ao arco durante o tempo final (**tf**) anterior a extinção do arco no final da soldagem.

3-. Para se dar entrada às variáveis de soldagem para a corrente contínua pulsada (fig. 7.1) pressiona-se a tecla **Voltar** e após, "**variáveis**". Surgirão no "display": "**Ip**" (corrente de pulso), "**Ib**" (corrente de base), "**tb**" (tempo de base) e "**tp**" (tempo de pulso). Os valores respectivos que aparecem no painel podem ser ajustados pressionando-se a tecla correspondente à variável e em seguida a tecla de incremento ou decremento, situada no lado direito do painel do controle remoto;

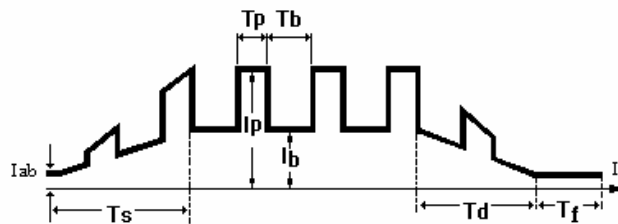



FIGURA 7.1 - VARIÁVEIS DE SOLDAGEM PLASMA - CC PULSADA

4-. Feitos estes ajustes, pressiona-se a tecla **Voltar** e após, "**hab. solda**". Ao se iniciar a soldagem surgirão no "display" os valores de "**Ip**" (corrente de pulso), "**Ib**" (corrente de base), "**tb**" (tempo de base) e "**tp**" (tempo de pulso). Desejando-se aumentar ou diminuir estes valores, atua-se na tecla de incremento e decremento;

6-. É importante verificar se as rampas de subida e descida da corrente foram ajustadas adequadamente;

7-. Feitos os ajustes descritos acima, a fonte estará preparada para a soldagem. A partida deve ser realizada por aproximação do eletrodo na peça, conforme descrito anteriormente.

8. OPERAÇÃO COMO FONTE PARA ELETRODO REVESTIDO

8.1 INTRODUÇÃO

O processo de soldagem por arco elétrico com eletrodo revestido consiste, basicamente, na abertura e manutenção de um arco elétrico entre um eletrodo consumível e a peça a ser soldada. O arco funde simultaneamente o eletrodo e a peça, e o metal fundido do eletrodo é transferido para a peça formando uma poça fundida, que é protegida da atmosfera (O_2, N_2) pelos gases de combustão do revestimento (fig. 8.1). O metal depositado e as gotas do metal fundido, que são ejetadas, recebem uma proteção adicional através do banho de escória que é formada por alguns componentes do revestimento. Sobre o metal de solda solidificado permanece uma camada de escória, também solidificada, mas de fácil destacamento, protegendo-o da atmosfera até seu resfriamento.

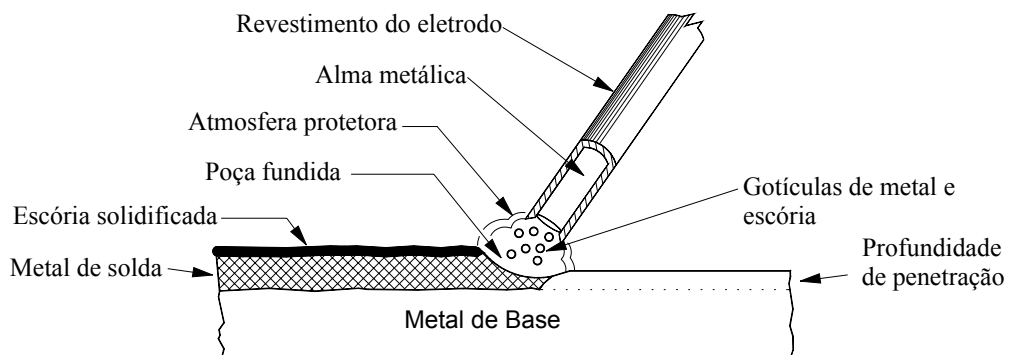



FIGURA 8.1 – PROCESSO DE SOLDAGEM COM ELETRODO REVESTIDO.

A escolha da polaridade depende do tipo de eletrodo, sendo o revestimento o fator determinante. É recomendável que sejam seguidas as instruções sobre polaridade, fornecidas pelo fabricante do eletrodo.

8.2 – CARACTERÍSTICAS ESPECIAIS PARA A SOLDAGEM COM ELETRODOS REVESTIDOS.

8.2.1 – Acendimento Rápido (Hot Start)

Uma das características importantes do equipamento é o Acendimento Rápido do arco, também conhecido como "Hot Start".

Com esta característica, a máquina proporciona uma corrente maior (Icc) do que a ajustada para a soldagem (Is), durante o intervalo de tempo em que o soldador mantém o eletrodo encostado à peça, conforme apresentado na figura 8.2. Isto proporciona um acendimento mais fácil do arco e reduz falhas de solda, tais como porosidades, normalmente presentes no início dos cordões de solda.

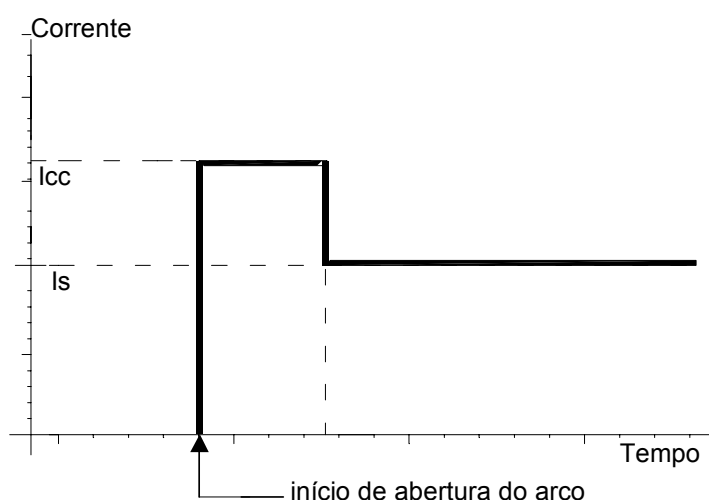



FIGURA 8.2 – FORMA DE ONDA DA CORRENTE NO "HOT START"

Como recomendação, cita-se uma corrente Icc de até 2,5 vezes a corrente de soldagem (Is).

Como informação para o equipamento do que significa estado de curto-circuito, existe um valor de tensão indicativo, relativo ao qual o soldador deve se preocupar. Como a tensão do arco é sempre maior do que 20 V para qualquer eletrodo revestido, esta tensão indicativa de curto-circuito deve ser sempre menor que este valor.

8.2.2 – Estabilização do Arco (Arc Force)

Esta é uma função idêntica à anterior que confere ao equipamento de soldagem uma sobre-corrente sempre que houver a tendência de uma extinção do arco. Este sistema funciona, como a função anterior, através da observação constante da tensão do arco, observada pelo equipamento durante a soldagem, a qual irá proporcionar uma corrente maior na tentativa de restabelecer o arco.

Os ajustes para suprir o equipamento com esta característica são os mesmos do item anterior.

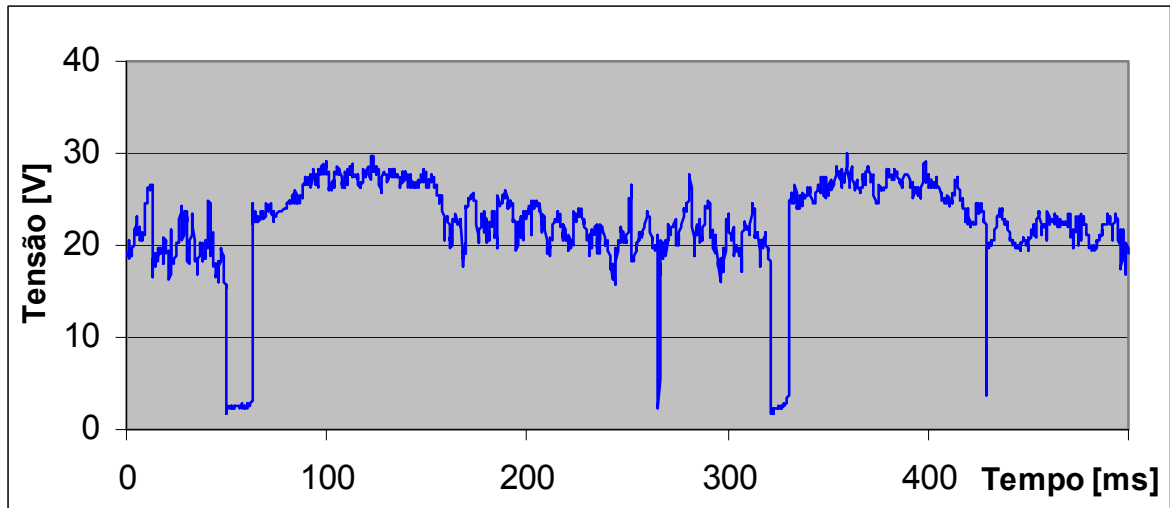
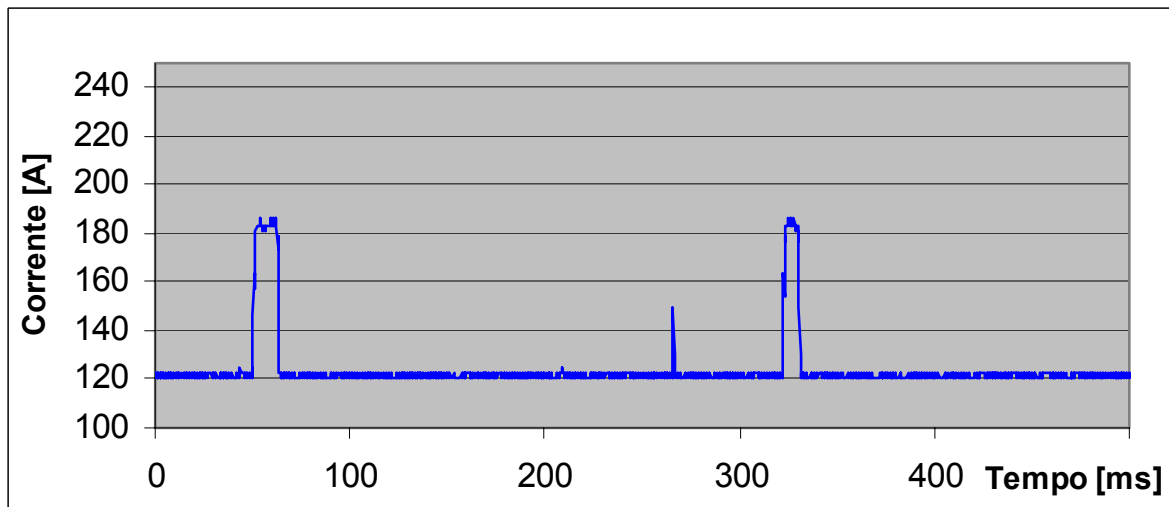
Os oscilogramas das figuras 8.3a e 8.3b, mostram a variação (U) x (t) e (I) x (t) no instante em que atua o dispositivo explicado. Realizou-se a soldagem nas seguintes condições: eletrodo tipo E7018, diâmetro de 3,25 mm, Icc = 180 A, Is = 120 A e Ucc =5V.

(a)

(b)

FIG.8.3. OSCILOGRAMAS U [V] X T [MS] E I [A] X T [MS] PARA A ICC (CORRENTE DE CURTO CIRCUITO)= 180 A E UCC (TENSÃO DE CURTO CIRCUITO) = 5 V

8.3 COLOCANDO A FONTE EM OPERAÇÃO

Para adaptar a fonte de soldagem **MINITEC 200** para o processo ELETRODO REVESTIDO, os seguintes passos devem ser seguidos:

1- Verificar se o cabo de alimentação da fonte (22) está conectado à caixa de fusíveis existente nas proximidades do local de soldagem. A capacidade dos fusíveis deve estar de acordo com a tabela 4.1;

2- Conectar ao painel frontal da fonte o cabo do porta eletrodo (17) ou (18), dependendo do tipo de eletrodo que se está utilizando;

3- Conectar a obra (18) ou (17), dependendo do tipo de eletrodo que se está utilizando, à mesa de soldagem ou à peça;

4- Ligar a fonte, pressionando por alguns segundos o botão verde da botoeira (11) localizada no painel inclinado, até que apareça no painel do controle remoto o menu de inicialização com os seguintes dizeres no “display“: “**MINITEC 2002 IMC/LABSOLDA – UFSC**”;

5- Selecionar o processo de soldagem ELETRODO REVESTIDO, pressionando a tecla “**ELET REV”** no “display” do painel do controle remoto.

6-.Ao pressionar-se a tecla “**ELET REV**” surgirão as opções “**variáveis**”, “**configurar**”, “**hab.solda**” e “**salvar**”;

7-. Pressiona-se “**configurar**” para selecionar a “**Ucc**” (tensão de curto circuito) e “**Icc**“ (corrente de curto circuito). Os valores que aparecem no painel podem ser ajustados pressionando-se a tecla correspondente à variável e em seguida a tecla de incremento ou decremento, situada no lado direito do painel do controle remoto;

- No processo eletrodo revestido, caso o eletrodo apresente a tendência de colar na peça, então a tensão de curto circuito deve ser aumentada. Os valores recomendados para a tensão de curto circuito (**Ucc**) são de 10 a 15 Volts.
- O valor da corrente de curto circuito (**Icc**) vai depender da corrente nominal (**Im**) do eletrodo.

9-. Para se dar entrada às variáveis de soldagem pressiona-se a tecla **Voltar** e após, “**variáveis**”. Surgirá no “display”: “**Is**” (corrente de soldagem). O valor respectivo que aparece no painel pode ser ajustado pressionando-se a tecla correspondente à variável e em seguida a tecla de incremento ou decremento, situada no lado direito do painel do controle remoto;

10-. Feitos estes ajustes, pressiona-se a tecla **Voltar** e após, “**hab. solda**”. Assim, surgirá no “display” o valor de “**Is**” (corrente de soldagem);

11. Desejando-se aumentar ou diminuir este valor, atua-se nas teclas de incremento e decremento;

9. CARREGANDO E SALVANDO OS PROGRAMAS

9.1 SALVANDO PROGRAMAS

A **MINITEC 200** possui a função "**salvar**" para todos os processos, oferecendo espaço de memória para até 6 programações diferentes. Para salvar uma determinada configuração basta, após regular os parâmetros, selecionar a tecla "**salvar**" e após isso selecionar uma das posições que estejam livres, caso todas as opções já estejam ocupadas basta selecionar uma configuração que possa ser substituída pela atual.

Os nomes dos programas salvos são pré-definidos pelo fabricante e podem ser consultados no ANEXO B.

9.2 CARREGANDO PROGRAMAS

Antes de iniciar um processo de soldagem é possível carregar uma configuração que esteja salva, não sendo necessário que se refaça a programação antes de operar a fonte. Para carregar uma programação que esteja na memória deve-se selecionar a opção "**carregar**" no "display" inicialmente, após isso se deve selecionar qual dos programas disponíveis pretende-se utilizar, aparecendo no "display" as opções de configuração e a opção "**hab. solda**".

BIBLIOGRAFIA

QUITES, A. M.; DUTRA, J. C. Tecnologia da Soldagem a Arco Voltaico. Florianópolis, EDEME, 1979.

W. Lucas. Tig and Plasma Welding. Abington Publishing. Cambridge, England, 1990.

GOHR JR., R. Projeto e Realização de uma Fonte de Energia para Soldagem Multi-Processo. Florianópolis, UFSC, 1992.

DUTRA, J. C., GOHR JR., R. Alta Tecnologia Eletrônica de Fontes de Soldagem a Disposição do Mercado Brasileiro. XIX Encontro Nacional de Tecnologia da Soldagem - ABS. Águas de São Pedro - SP, 24 a 27 de outubro de 1993, p. 625-642.

DUTRA, J. C., OLLÉ, L. F., GOHR JR., R. As fontes de Soldagem do Ano 2000 já Fabricadas no Brasil. XX Encontro Nacional de Tecnologia da Soldagem - ABS. Contagem - MG, 21 a 24 de agosto de 1994, p. 509-529.

DUTRA, J. C., OLLÉ, L. F., GOHR JR., R. O processo MIG/MAG pulsado com pulsação térmica. XXI Encontro Nacional de Tecnologia da Soldagem - ABS. Caxias do Sul - RS, 20 a 24 de junho de 1995, vol. 1, p. 889-902.

DUTRA, J. C., OLLÉ, L. F., KIRST, E. R. Uma Contribuição ao Estudo da Seleção de Variáveis na Soldagem MIG/MAG Pulsada. III Congresso Ibero Americano de Soldagem - ABS. Rio de Janeiro - RJ, 4 a 10 de abril de 1992, vol. 2, p. 925-942.

Anexo A - Tabelas de Variáveis para Mig Pulsado

Nas tabelas a seguir são apresentados os dados de ajuste das variáveis de soldagem em modo pulsado para aço carbono e alumínio. Os dados foram calculados e testados para valores de corrente média variando de 10 em 10 A.

Para cada corrente média ou eficaz desejada o usuário deve ajustar as variáveis referentes às colunas numeradas de acordo com a modalidade desejada, como segue:

a) Imposição de corrente modo normal-

Variáveis das colunas 3, 4, 5, 6 e 7.

c) Modo misto -

Variáveis das colunas 4, 5, 6, 7 e 8.

Metal de adição: Arame-eletrodo ER70S-6 (aço)
Diâmetro do eletrodo: 1.0 mm
Diâmetro da gota: 1.2 mm
Gás: Ar + 5 % CO_2

1	2	3	4	5	6	7	8
I_m (A)	I_{ef} (A)	Ip (I_4) (A)	tp (t_4) (ms)	Ib (I_3) (A)	tb (t_3) (ms)	v_a (m/min)	U_p (volt)
30	62	240	4.1	16	61.6	1.2	29
40	72	240	4.1	22	45.1	1.4	29
50	82	240	4.1	28	35.3	1.8	29
60	91	240	4.1	34	28.8	2.1	29
70	99	240	4.1	41	24.1	2.5	29
80	107	240	4.1	48	20.5	2.8	29
90	115	240	4.1	55	17.8	3.2	29
100	123	240	4.1	63	15.6	3.5	29
110	131	240	4.1	71	13.8	4.0	29
120	139	240	4.1	80	12.3	4.4	29
130	146	240	4.1	89	11.1	4.6	29
140	154	240	4.1	99	10.0	4.9	30
150	162	240	4.1	109	9.0	5.5	30
160	170	240	4.1	120	8.2	5.9	30
170	178	240	4.1	132	7.5	6.3	30
180	186	240	4.1	144	6.9	7.0	30

Metal de adição: Arame-eletrodo ER70S-6 (aço)
Diâmetro do eletrodo: 1.2 mm
Diâmetro da gota: 1.2 mm
Gás: Ar + 5 % CO_2

1	2	3	4	5	6	7	8
I_m (A)	I_{ef} (A)	Ip (I_4) (A)	tp (t_4) (ms)	Ib (I_3) (A)	tb (t_3) (ms)	v_a (m/min)	U_p (volt)
30	79	300	4	11	55.3	0.8	29
40	91	300	4	14	40.4	1.0	29
50	102	300	4	18	31.6	1.3	29
60	112	300	4	23	25.6	1.6	29
70	122	300	4	27	21.4	1.8	29
80	131	300	4	32	18.2	2.0	29
90	139	300	4	37	15.8	2.3	29
100	147	300	4	42	13.8	2.6	29
110	155	300	4	48	12.2	2.8	29
120	162	300	4	53	10.8	3.0	29
130	170	300	4	60	9.7	3.4	29
140	177	300	4	66	8.7	3.5	29
150	184	300	4	74	7.9	4.1	29
160	191	300	4	81	7.1	4.0	29
170	198	300	4	90	6.5	4.2	29
180	205	300	4	98	5.9	4.9	29
190	213	300	4	108	5.4	5.1	30
200	220	300	4	118	4.9	5.4	30
210	227	300	4	129	4.5	5.7	30
220	234	300	4	142	4.1	5.9	30

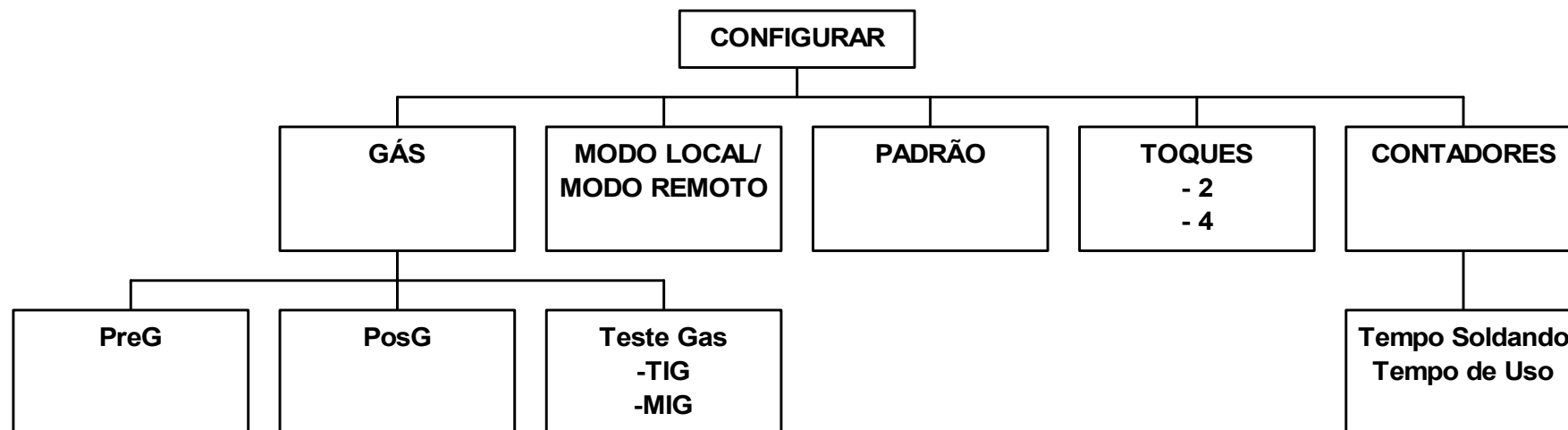
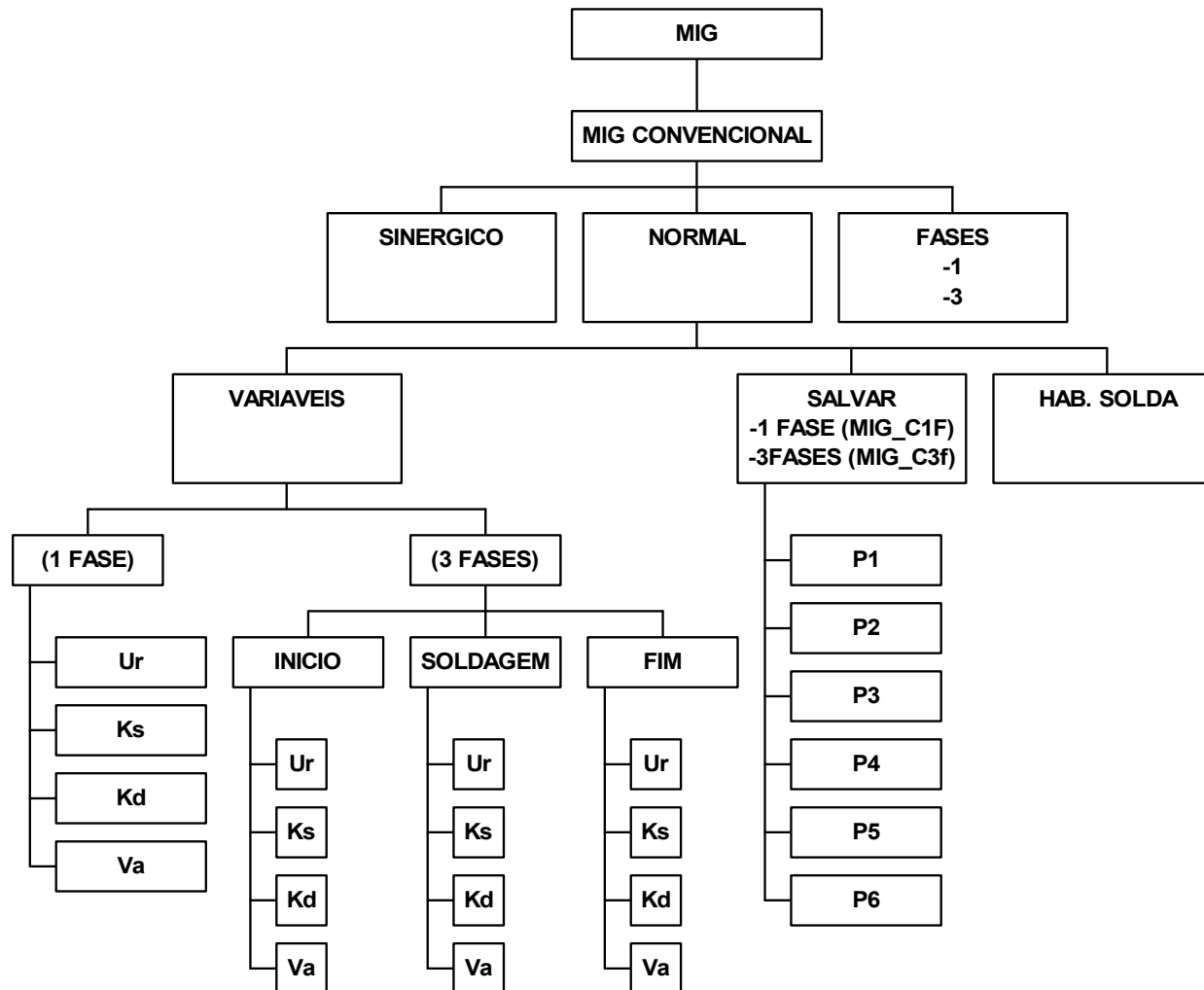
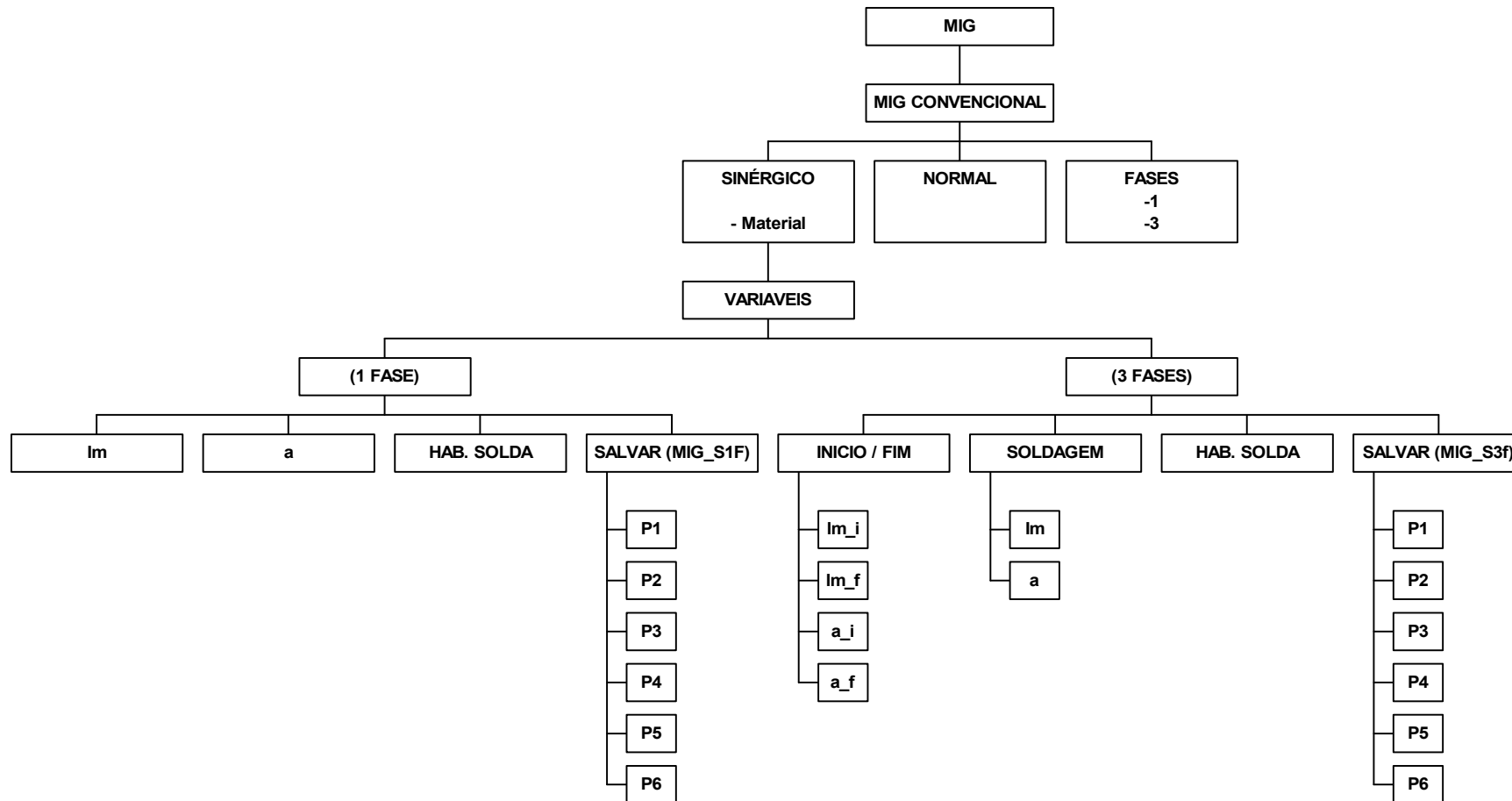
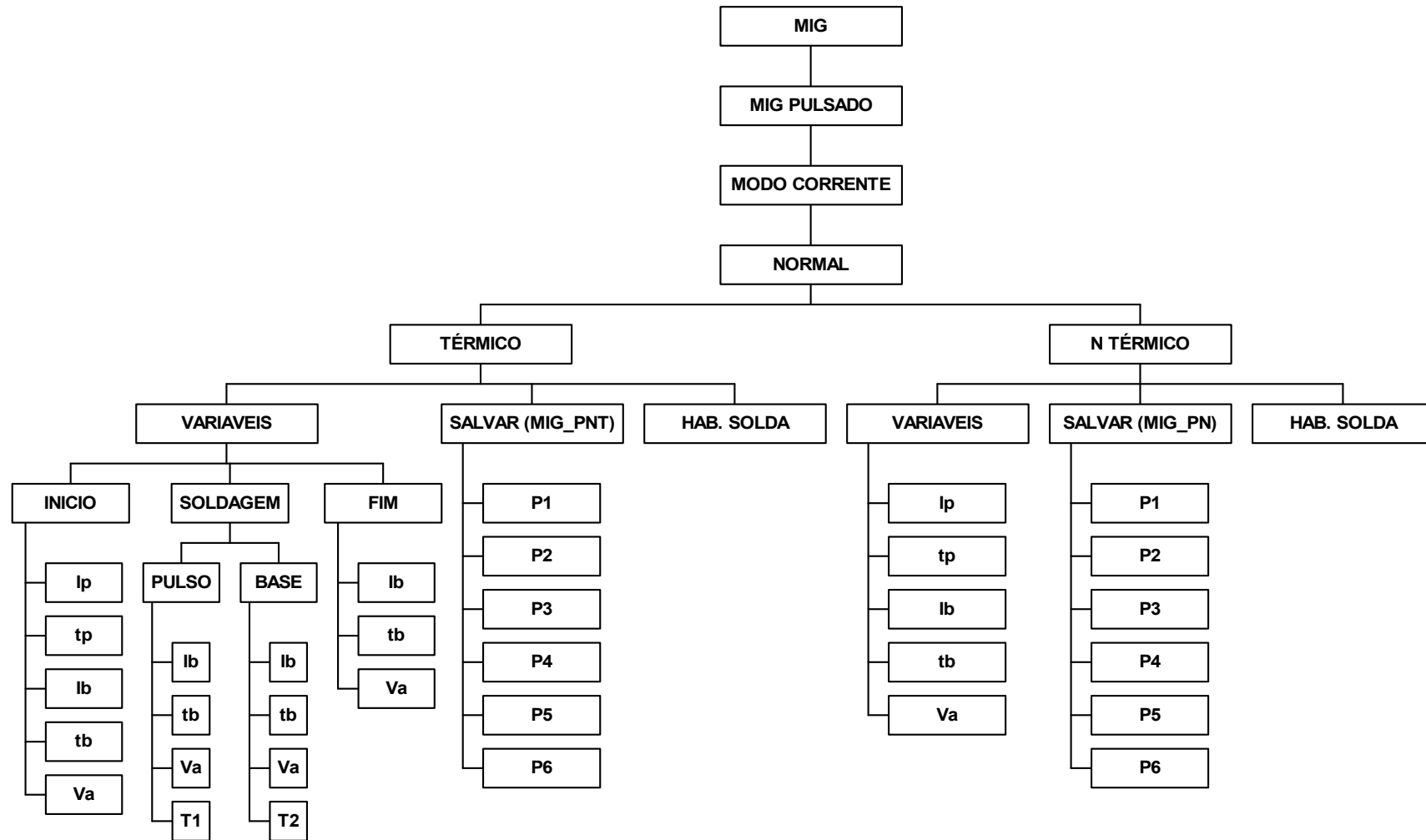
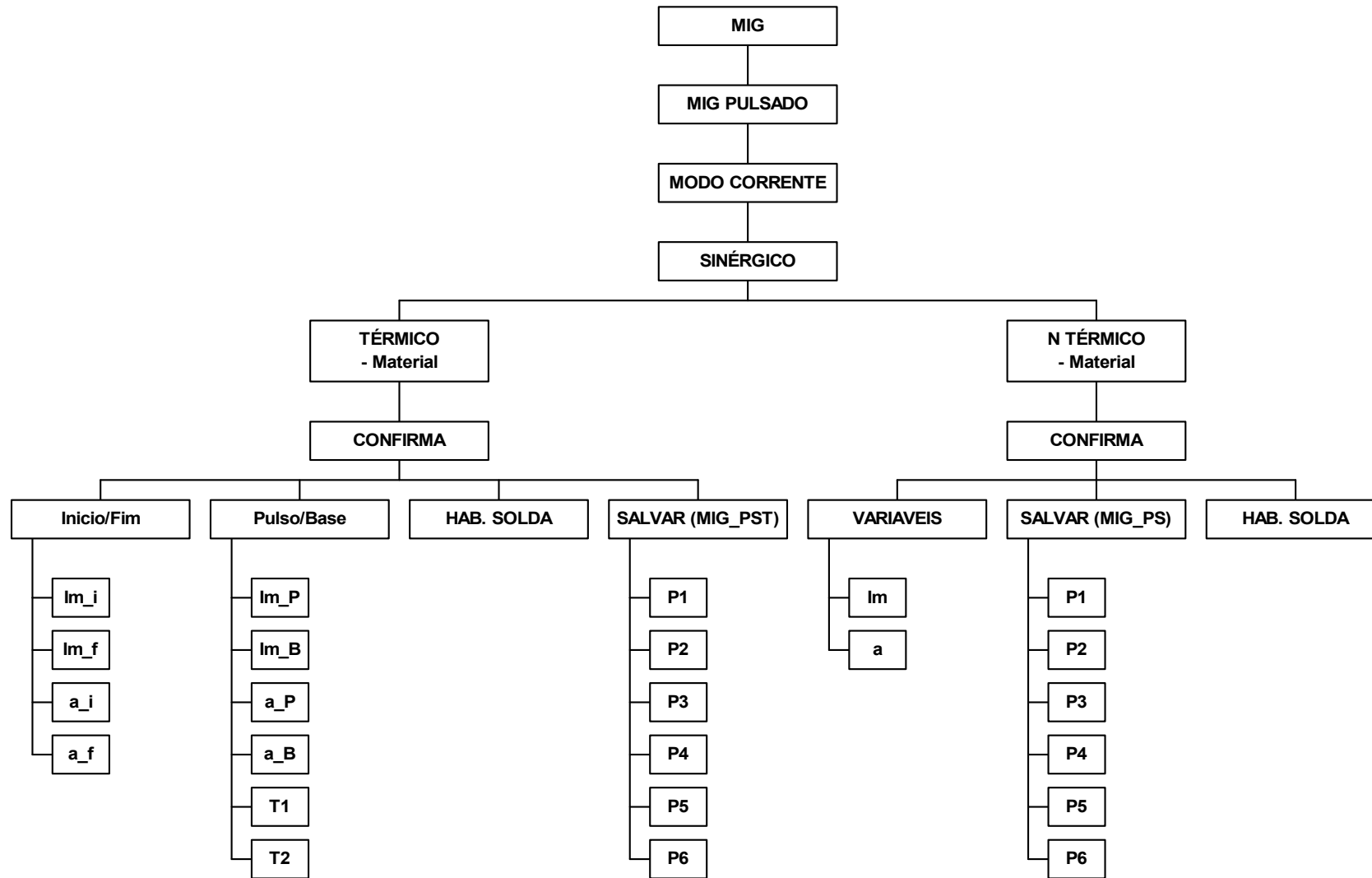
Metal de adição: Arame-eletrodo 4043 A/AlSi5 (Alumínio)
Diâmetro do eletrodo: 1.2 mm
Diâmetro da gota: 1.2 mm
Gás: Ar

1	2	3	4	5	6	7	8
I_m (A)	I_{ef} (A)	Ip (I_4) (A)	tp (t_4) (ms)	Ib (I_3) (A)	tb (t_3) (ms)	v_a (m/min)	U_p (volt)
30	73	300	2	14	32.8	1.4	28.0
40	85	300	2	18	24.1	1.9	29.5
50	96	300	2	24	18.9	2.4	29.5
60	105	300	2	29	15.4	2.8	30.4
70	114	300	2	34	12.9	3.2	30.4
80	123	300	2	40	11.0	3.7	30.4
90	132	300	2	46	9.6	4.0	30.4
100	140	300	2	53	8.4	4.4	30.4
110	148	300	2	59	7.5	4.8	29.0
120	155	300	2	66	6.7	5.3	29.0
130	163	300	2	74	6.0	5.6	29.0
140	170	300	2	81	5.5	5.9	29.0
150	178	300	2	90	5.0	6.4	29.0

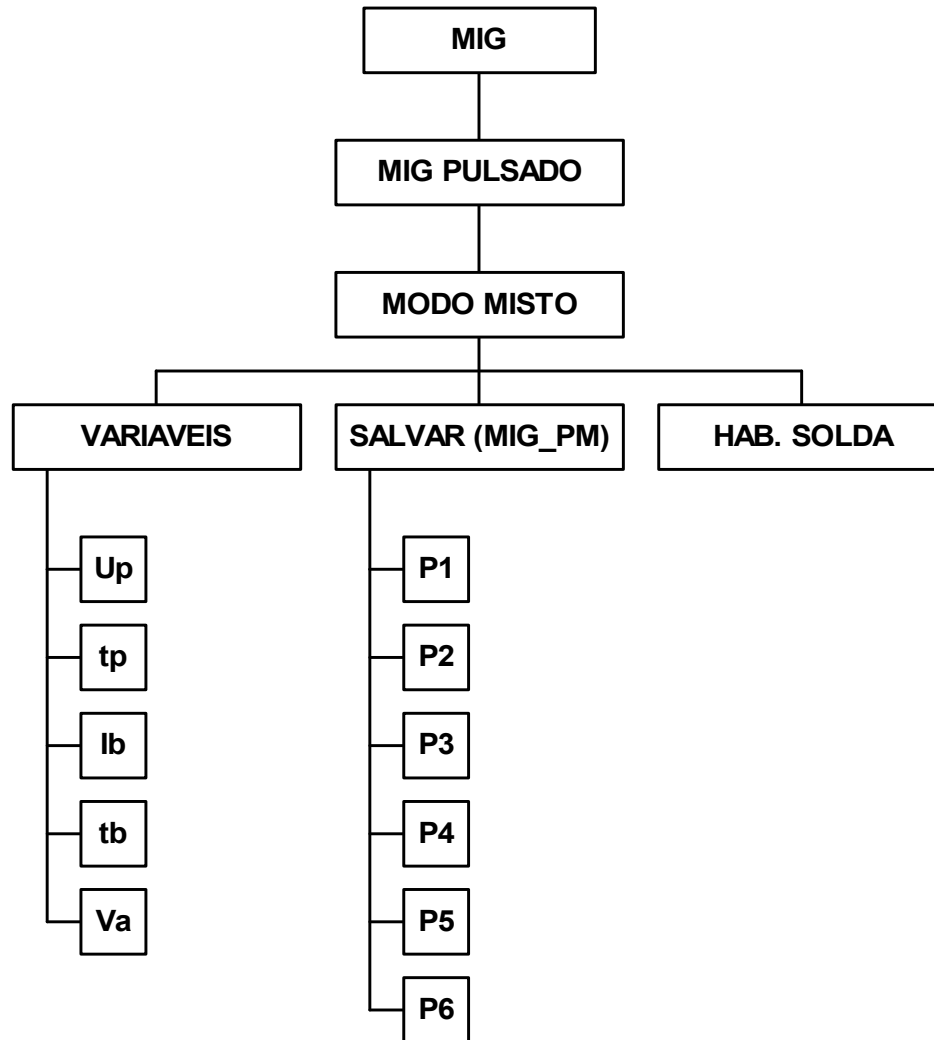
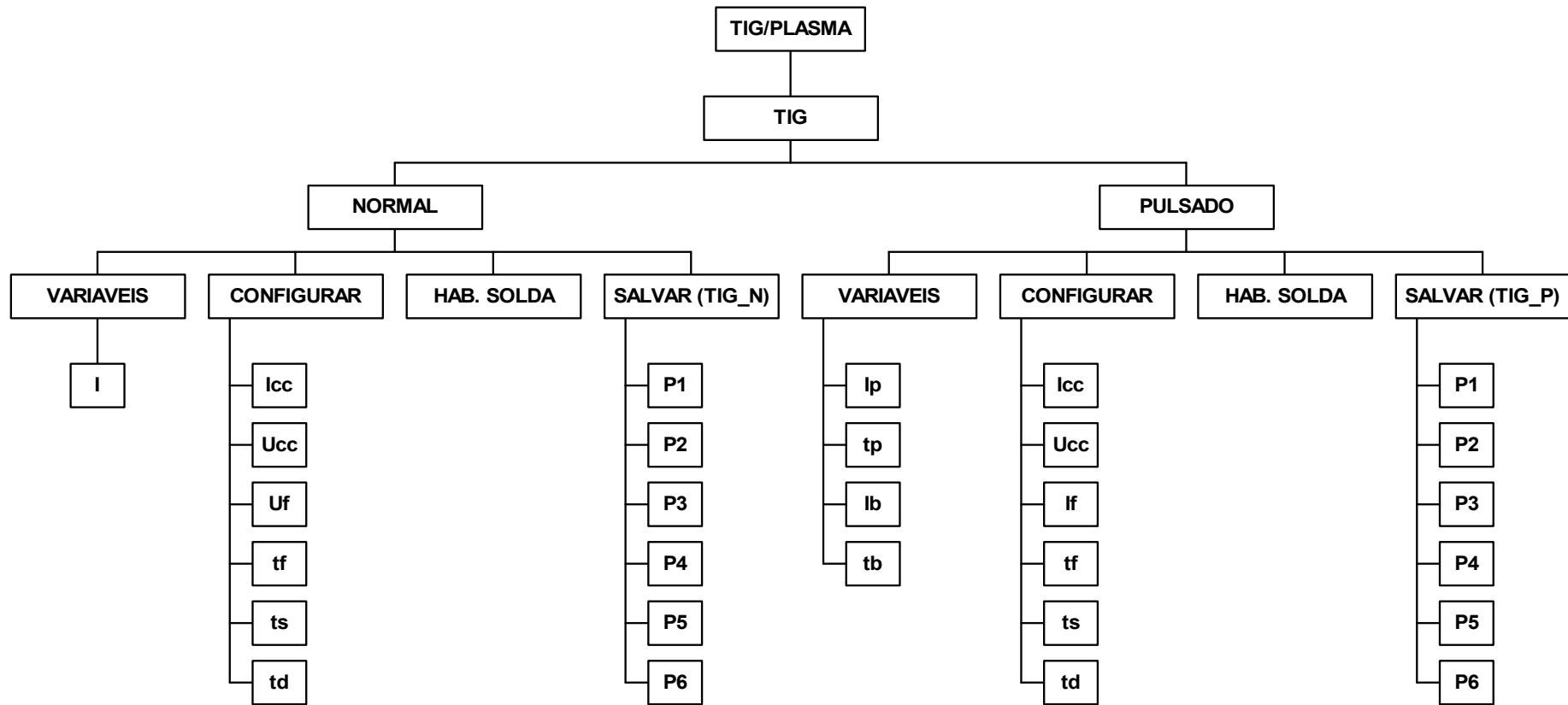
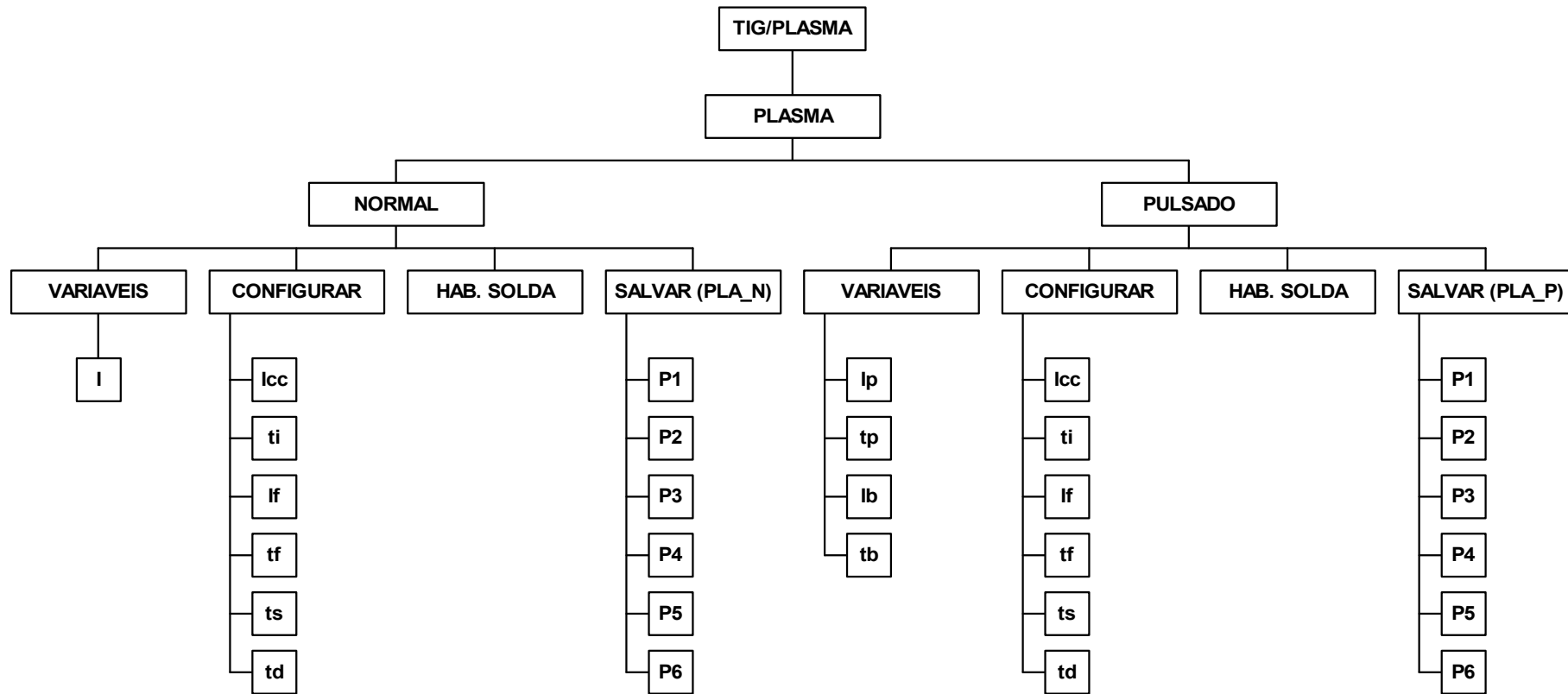
Metal de adição: Arame-eletrodo ER 316 L SI (aço inox)
Diâmetro do eletrodo: 1.2 mm
Diâmetro da gota: 1.35 mm
Gás: Ar + 2% O2

1	2	3	4	5	6	7	8
I_m (A)	I_{ef} (A)	Ip (I_4) (A)	tp (t_4) (ms)	Ib (I_3) (A)	tb (t_3) (ms)	v_a (m/min)	U_p (volt)
40	83	300	4.5	20	58.3	1.1	35.1
50	93	300	4.5	25	45.8	1.3	35.1
60	103	300	4.5	31	37.4	1.6	35.1
70	112	300	4.5	37	31.4	1.9	36.4
80	120	300	4.5	43	26.9	2.2	36.4
90	129	300	4.5	50	23.4	2.4	37.0
100	137	300	4.5	56	20.6	2.7	37.0
110	145	300	4.5	63	18.4	3.0	37.0
120	153	300	4.5	71	16.4	3.2	38.2
130	160	300	4.5	78	14.8	3.5	38.2
140	168	300	4.5	86	13.5	3.8	38.2
150	175	300	4.5	95	12.3	4.0	37.4
160	183	300	4.5	104	11.2	4.3	37.4
170	191	300	4.5	113	10.3	4.6	37.4
180	198	300	4.5	123	9.5	4.9	36.0
190	206	300	4.5	133	8.7	5.1	36.0
200	214	300	4.5	144	8.1	5.4	36.0
210	221	300	4.5	156	7.5	5.7	36.0
220	229	300	4.5	168	6.9	6.0	36.0
230	237	300	4.5	181	6.4	6.2	36.0

Anexo B - Diagrama Menu

Esquema Opções

Esquema MIG Convencional Normal

Esquema MIG Convencional Sinergico

Esquema MIG Pulsado Modo Corrente Normal

Esquema MIG Pulsado Modo Corrente Sinérgico

Esquema MIG Pulsado Modo Misto

Esquema TIG

TIG/PLASMA
TIG
NORMAL
PULSADO
VARIAVEIS
CONFIGURAR
HAB. SOLDA
SALVAR (TIG_N)
VARIAVEIS
CONFIGURAR
HAB. SOLDA
SALVAR (TIG_P)
I
Icc
Ucc
Uf
tf
ts
td
P1
P2
P3
P4
P5
P6
Ip
tp
Ib
tb
Icc
Ucc
If
tf
ts
td
P1
P2
P3
P4
P5
P6

Esquema Plasma

Esquema Eletrodo Revestido